Abschlußbericht

MES Factory Reference Model

Entwicklung und Evaluierungsmethodik für 300 mm MES Komponenten und Systeme

camLine
DATENSYSTEME FÜR DIE MIKROELEKTRONIK
Jetzendorfer Str. 6 85238 Petershausen
Tel. 08137/935-0 Fax 08137/935-235
email sales@camLine.com

Inhaltsübersicht

1 Abschlußbericht, allgemeiner Teil **5**

1.1 Aufgabenstellung 5

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 6

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens 7

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand 8

1.4.1 Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden 12

1.4.2 Fachliteratur sowie benutzte Informations- und Dokumentationsdienste 12

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen 13

1.6 Darstellung der erzielten Ergebnisse 13

1.7 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse 13

1.8 Bekanntgewordene Fortschritte auf diesem Gebiet bei anderen Stellen 13

1.9 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse 14

2. Arbeitsergebnisse der camLine Datensysteme GmbH **15**

2.1. Workpackage 1: Analyse und Bestandsaufnahme der MES, spezifische Anforderungen für 300 mm 15

2.1.1 Single Wafer Tracking 18

2.1.2. Datenvolumen Prozeßdatei 18

2.1.3. FOUP Organisation und FOUP Verwaltung 18

2.1.4. FOUP Prozeßzyklen (Lifecycles) 19

2.1.5. Testwafer Adminstration, Verwaltung und Tracking 19

2.1.6. Nicht gelöste Aufgaben bei bestehenden MES Systemen und Installationen 19

2.1.6.1. Lifecycle Management 19

2.1.6.2. Prozeßplanverwaltung für die „high volume Production“ und „Testwafer“ 20

2.1.6.3. Work in Process 20

2.2 Workpackage 2: MES Factory Reference Model und Evaluierungsmethodik 21

2.2.1. WP 2.1: Entwicklung des MES Factory Reference Model’s 22

2.2.1.1. Produktionslogistik 23

2.2.1.2. Prozeßbeherrschung 23

2.2.1.3. allgemeine Anforderungen an die Grunddaten 23

2.2.1.4. spezielle Anforderungen an die Grunddaten (Stammdaten) 23
2.2.1.5. IT Anforderungen 24
2.2.1.6. kaufmännische Anforderungen 24
2.2.2. WP 2.2: Entwicklung der Evaluierungsmethodik 26
2.2.2.1. Bewertungsmethode 26
2.2.2.2. Auswahlverfahren 27
2.2.2.3. Umwandlung der Reference Model Daten nach Excel 27
2.2.3. Bewertungskriterien 28
2.3. Workpackage 3: Bewertung der Anforderungen 29
2.3.1. Profil auf oberster Ebene 30
2.3.2. Produktionslogistik 30
2.3.3. Prozeßbeherrschung 31
2.3.4. allgemeine Anforderungen an die Grunddaten 31
2.3.5. spezielle Anforderungen an die Grunddaten 31
2.3.6. IT Anforderungen 32
2.3.7. kaufmännische Anforderungen 32
2.4. Workpackage 4: Ranking der MES Komponenten 32
2.4.1. Funktionales Ergebnis 34
2.4.2. Production Logistic (Level 2+3) 34
2.4.3. Process Management 36
2.4.4. Generic Master Data Requirements 36
2.4.5. Specific Master Data Requirements 37
2.4.6. Information Technology 37
2.4.7. Commercial Information 38
2.4.8. Reifegrad der MES Systeme 38

3. Anlage 1: Erfolgskontrollbericht (camLine) 40

3.1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms 41
3.2 Wissenschaftlicher und technischer Erfolg des Vorhabens sowie die erreichten Nebenergebnisse und gesammelte wesentliche Ergebnisse 42
3.3 Einhaltung des Kosten- und Zeitplans 44
3.4 Verwertung des Ergebnisses und erkennbare Verwertungsmöglichkeiten 44
3.5. In Anspruch genommene und verwertete Erfindungen, Schutzrechtsanmeldungen und Schutzrechte 45
3.6. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben 45

4. Anlage 2 **46**

4.1. Zusammenfassung 46

4.2 Berichtsblatt 47

4.3 Document Control Sheet 48

5. Anlage 3 Technischer Anhang, Dokumentation **49**

5.1. MES Anforderungen für 300 mm, siehe Datei: wp1.pdf **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

5.2. Questionnaire MES Requirements 300 mm, siehe Datei: wp1.pdf**Fehler! Textmarke nicht definie**

5.3. MES Factory Reference Model, siehe Datei: wp2.pdf **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

5.4. Evaluierungsmethodik, siehe Datei: wp2.pdf **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

5.5. Umwandlung Word-Fragenkatalog in Exceltab., s. Datei: wp2.pdf**Fehler! Textmarke nicht defini**

5.6. MES Factory Reference Profil, siehe Datei: wp3.pdf **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

5.7. Ranking MES Systeme, siehe Datei: wp4.pdf **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

5.8. Präsentation zum Workshop, siehe Datei: mesfor12.10.99.ppt**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

1 Abschlußbericht, allgemeiner Teil

1.1 Aufgabenstellung

Die neuen, innovativen Produktionskonzepte einer leading edge Halbleiterfertigung werden getrieben von den ständig steigenden Kundenanforderungen an Qualität und Zuverlässigkeit der Produkte und der sich laufend verschärfenden Kostensituation des internationalen Wettbewerbs. Sieben Tage Woche, Dreischichtbetrieb, kurze cycle time, geringe time to market kennzeichnen die zusätzlichen Herausforderungen an eine ausgefeilte Produktionslogistik, die adäquate datentechnische Unterstützung durch sog. Manufacturing Execution Systeme (MES) benötigt.

Neben einer soliden, aber trotzdem innovativen internen Informationstechnologie werden in zunehmendem Maße komplexe, fabweit skalierbare Softwarelösungen für die Logistik des „Work in Progress“ (WIP), der Equipment- und Prozeßkontrolle, der Dokumentation (wg. der Produkthaftung), der Kapazitätsplanung und des Effizienzvergleichs unterschiedlicher Produktionsstätten und Herstellverfahren benötigt.

Die neue 300 mm Pilotlinie der Semiconductor 300 soll neben der technologischen Entwicklung des Produktionsprozesses auch Lösungen für die existentiellen Fragen nach Produktivität und Wirtschaftlichkeit aufzeigen.

Produktivität und Wirtschaftlichkeit im Bereich Manufacturing Execution System (MES) und CIM Framework bedeutet hierbei:

- einfache, schnelle und damit kostengünstige Integration von neuen Softwarekomponenten und Funktionalitäten
- einfache, schnelle Anpassung und Erweiterung vorhandener MES- und Automatisierungsfunktionalitäten
- einfache, schnelle und damit kostengünstige Erweiterung der Datenmodelle und abgebildeten Prozeßabläufe bezüglich der sich kontinuierlich ändernden Organisations- und Automationsstrukturen
- einfache und effiziente MES und Framework Administration durch leistungsfähige und betriebssichere IT-Infrastrukturen

Die derzeit im Markt verfügbaren MES Lösungen und CIM Framework Komponenten erfüllen diese Anforderungen nur zum Teil und sind hauptsächlich auf die Anforderungen außereuropäischer Halbleiterfertigungen zugeschnitten.

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens „Prozesse und Equipment für die 300 mm Technologie“ soll durch das von der Fa. camLine in Zusammenarbeit mit der Semiconductor 300 entwickelte und untersuchte MES Reference Model eine schnelle Evaluierung von auf dem Markt befindlichen MES Komponenten ermöglicht werden. Damit wird auch eine entsprechend qualifizierte Aussage über mögliche Migrationsstrategien in allen deutschen Halbleiterfertigungen verfügbar und Synergieeffekte für nicht teilnehmende, mittelständische Unternehmen nutzbar.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Halbleiterindustrie selbst wächst weltweit mit ca. 15% pro Jahr und wird bis zum Jahr 2002 einen globalen Markt von voraussichtlich 430 Milliarden DM umfassen. Mit dem Einsatz dieser Bauelemente wird ein fünffach größerer Markt für elektronische Geräte von ca. 2.200 Milliarden DM bedient. Dieses Marktpotential wird im wesentlichen durch die Verwendung von Integrierten Schaltkreisen erschlossen.

Der weltweite Wettbewerb auf dem IC Markt, getrieben auch durch die fernöstlichen Silicon Foundries sowie die stetig steigenden Kundenanforderungen an die Funktionalität und Leistungsfähigkeit der Halbleiterprodukte erzwingen steigende Aufwände für Innovationen auf allen relevanten Gebieten.

Eine entsprechend den Kundenanforderungen kontinuierlich weiterentwickelte Produktionstechnologie und Produktionslogistik erfordert auch neue Verfahren und Methodiken bei der Auswahl, Spezifikation, Performance und Integration neuartiger Softwarelösungen für fabweit skalierbare Manufacturing Execution Systeme (MES).

Bisher ist, neben proprietären Einzellösungen hauptsächlich außereuropäische Software verschiedener Hersteller verfügbar. Vereinzelte Ansätze zur Realisierung der flexiblen Anforderungen deutscher Halbleiterhersteller sind zwar erkennbar, trotzdem sind z.B. allgemeine Anforderungsprofile und Bewertungskriterien adäquater Manufacturing Executionssysteme nicht vorhanden. Fehlentscheidungen beim Kauf und Einsatz informationstechnologischer Software sind sehr teuer und wegen der komplexen Herstelltechnologie der hochintegrierten Halbleiterprodukte nur mit langen Zeitverzögerungen zu korrigieren.

Im Rahmen des leading edge Verbundprojekts „Prozesse und Equipment für 300 mm Wafer“ soll deshalb ein MES Referenzmodell entwickelt und erforscht werden. Diese Forschungsinitiative bildet den organisatorischen Rahmen und die fachliche Plattform für das vom BMBF geförderte Projekt „MES Factory Reference Model and Evaluation Methology“ und darüber hinaus die Basis für Synergieeffekte innerhalb der deutschen Halbleiterindustrie.

Im mittelständischen Softwareunternehmen camLine ist durch die fachliche Kompetenz in folgenden Kernbereichen die Basis für eine erfolgreiche Projektarbeit gegeben:

- Entwicklung von MES Komponenten und Funktionalitäten für Produktionslinien und Equipment (work cell level)
- SW Produktentwicklung auf der Grundlage verfügbarer bzw. selbst entwickelter Standards
- Entwicklung portierbarer, autonomer SW Applikationen (Betriebssystem- und Hardwareunabhängig)

Ein reger Erfahrungsaustausch zum Projektführer Semiconductor 300, weiteren Halbleiter- und Softwareherstellern sowie zu anderen Forschungsprojekten wie z.B. Smart Fabrication (CIM Framework), Euroframe, Flexible Fab sicherte die Einbindung vielfältiger Erfahrungen und führt zu Synergieeffekten.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Für das im Verbundvorhaben „Prozesse und Equipment für 300 mm Wafer“ durchgeführte Projekt: „MES Factory Reference Model and Evaluation Methology“ wurde eine Bearbeitungsdauer von 15 Monaten angesetzt und auch eingehalten.

Die Projektarbeiten wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Verbundkoordinator Semiconductor 300 durchgeführt. Vierteljährlich wurden die Daten für den Bewegungsdatenbericht zur Verfügung gestellt. Regelmäßige Arbeitstreffen sicherten eine erfolgreiche Koordinierung der Forschungsarbeiten und die Verifizierung der Ergebnisse unter den Aspekten der leading edge Halbleiterfertigung.

Eine Strukturierung der Arbeitspakete ermöglichte einen zügigen Projektfortschritt sodaß alle Projektziele erreicht werden konnten.

Workpackage 1 1. Analysis of the current 6” and 8” MES Requirements
2. Analysis of 300mm MES Requirements

Workpackage 2 MES Factory Reference Model
Evaluation Methodology

Workpackage 3 MES Factory Profile for 300mm DRAM High Volume Line
MES Component Development Specification

Workpackage 4 Assessment of - MES Systems - MES IT-Architecture
- MES Scenarios

Ranking of - MES Systems - MES IT-Architecture
- MES Scenarios

Der zeitliche Ablauf der Projektarbeiten erfolgte nach dem Projektplan

Deliverables			1998				1999	
	Workpackage	MM	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2
1.	Entwicklung des Factory Reference Model	9,9						
2.	Erstellung Fragenkatalog und Entwicklung der Evaluierungsmethodik	13,2						
3.	Bewertung der Anforderungen	3,3						
4.	Erstellung des Ranking der MES Komponenten	6,6						

Im gemeinsamen Statusseminar (98) und in einem Workshop zum Projektende (99) wurden die erzielten Ergebnisse vorgestellt. Synergieeffekte wurden mit dem Smart Fabrication Förderprojekt CIM Framework und mit den Aktivitäten von Sematech USA und Euroframe (Esprit) erzielt.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Eine entsprechend den Kundenanforderungen kontinuierlich weiterentwickelte Produktionstechnologie und Produktionslogistik erfordert auch neue Verfahren und Methodiken bei der Auswahl, Spezifikation, Performance und Integration neuartiger Softwarelösungen für fabweit skalierbare Manufacturing Execution Systeme (MES).

Bisher ist, neben proprietären Einzellösungen hauptsächlich außereuropäische Software verschiedener Hersteller verfügbar. Vereinzelte Ansätze zur Realisierung der flexiblen Anforderungen deutscher Halbleiterhersteller sind zwar erkennbar, trotzdem sind z.B. allgemeine Anforderungsprofile und Bewertungskriterien adäquater Manufacturing Executionssysteme nicht vorhanden.

Fehlentscheidungen beim Kauf und Einsatz informationstechnologischer Software sind sehr teuer und wegen der komplexen Herstelltechnologie der hochintegrierten Halbleiterprodukte nur mit langen Zeitverzögerungen zu korrigieren. Für einen universellen Einsatz im Bereich der Mikroelektronikproduktion (hier speziell Halbleiterproduktion), muß für die MES Software zuerst eine Standardisierung und Spezifikation erfolgen. Es ist derzeit weltweit kein allgemein gültiges MES Factory Reference Model bekannt. Diesbezüglich gibt es folgende international bekannte Aktivitäten:

Normierungsaktivitäten der OMG

Die OMG (Object Management Group, USA) hat ein Entwicklungs- und Normierungsprojekt initiiert, in dem ein Manufacturing Business Model entwickelt und standardisiert werden soll.

Das Manufacturing Business Model soll Manufacturing Business Components, Business Objects und Use Cases (hier Anwenderanforderungen) definieren. Diese Aktivitäten stehen allerdings erst am Anfang - derzeit gibt es lediglich ein RFI (Request for Information) an die ERP und MES Hersteller.

Es existiert noch kein Terminplan, wobei von minimal 2 - 3 Jahren Projektlaufzeit ausgegangen wird. Zusätzlich betrachtet dieses Projekt die gesamte Manufacturing Industrie (Domain independent) und ist somit nicht Semiconductor spezifisch.

CIM/MES Framework Aktivitäten

Lediglich im Bereich der CIM/MES Framework Datenmodelle gibt es weltweite Standardisierungsaktivitäten. Die wichtigen Projekte sind hier

- SEMATECH CIM Framework USA 1989 - 1997
- SMART Fabrication CIM BMBF 1993 - 1997
- EUROFRAME ESPRIT 1997 - 1999
- SEMI Standard Activities weltweit 1998 –

Von besonderer Bedeutung ist hierbei, daß sich diese Definitionen und die Standardisierung ausschließlich auf folgende Bereiche beschränkt:

- Daten Modell
- Funktionalitäten/Applications/Components
- Umfassende Abbildung der Anforderungen aus Anwendersicht mit Use Cases per MES Component und per MES Level
- Definition der MES Komponenten aus Anwendersicht

Die heute verfügbaren MES und CIM Framework Infrastrukturen basieren auf proprietären Lösungen der Unternehmen Consilium, FASTech, IBM, PROMIS, TI, camLine u.a.

SMART Fabrication

Das BMBF Projekt SMART Fabrication wurde in 1995 gestartet. Ein wichtiges Workpackage ist das Unterprojekt. CIM Framework.

Der Fokus ist die Definition des CIM Framework Datenmodells und der Infrastruktur bezüglich der flexiblen, kundenorientierten Anforderungen der deutschen Halbleiterindustrie. Projektpartner sind wesentliche deutsche Halbleiterhersteller:

- Bosch — Reutlingen
- SC300/Infineon — Dresden, München, Regensburg
- SMST — Sindelfingen
- TEMIC Semiconductor — Heilbronn
- Thesys — Dresden
- ZMD — Dresden

Ein wichtiger, zusätzlicher Beitrag ist die Plug and Play Initiative der Softwarehersteller und associated Projektpartner

- BBN — USA
- camLine — Deutschland
- debis — Deutschland
- Nimble — Deutschland/Belgien

EUROFRAME

Im Januar 1997 wurde das ESPRIT Projekt EUROFRAME mit den folgenden Zielen gestartet:

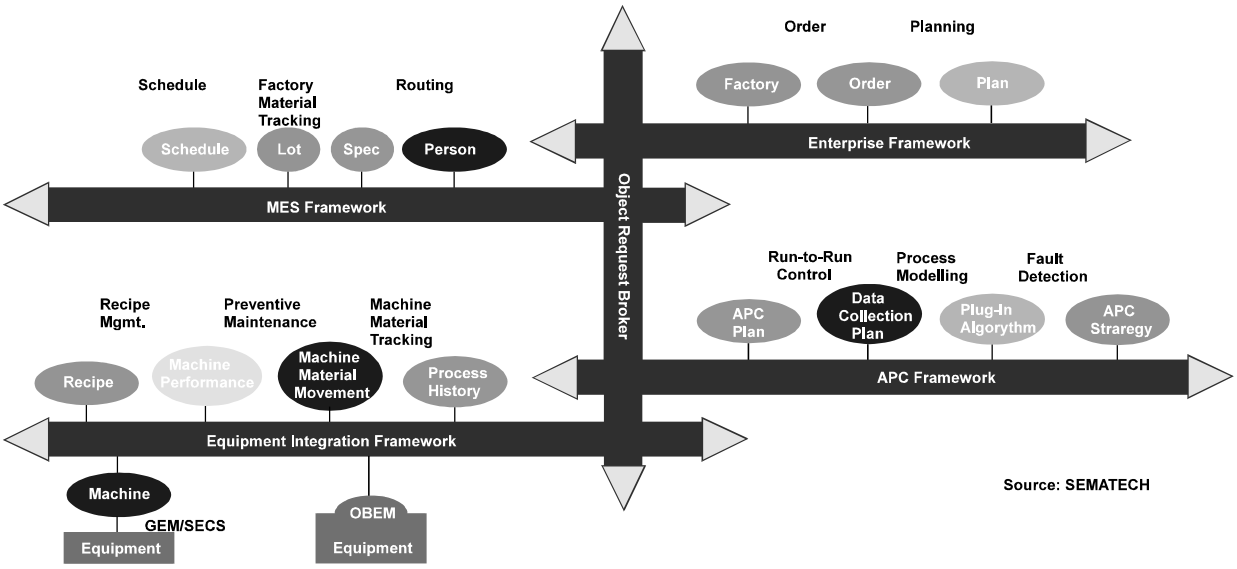
- Definition und Implementierung eines Frameworks für Produktions- und Fertigungssysteme mit dem Fokus auf die Halbleiterproduktion
- Implementierung des EUROFRAME Frameworks

Die Projektpartner des EUROFRAME Projektes sind

- Alcatel Mietec Belgien
- Philips Niederlande
- SGS Thomson Frankreich
- SC300 AG Deutschland
- camLine Deutschland
- ITMI Adaptor Frankreich

In dem EUROFRAME Projekt ist camLine der Workpackage Leader und das ausführende Software-Unternehmen für eine Reihe von Workpackages:

CIM Framework as Integrated Frameworks



Evaluierungsmethodik

Die Evaluierungsmethodik zum den Manufacturing Execution System wird im Rahmen des vom BMBF geförderten Vorhabens MES Factory Reference Model definiert, entwickelt und erforscht. Vergleichbare Untersuchungen haben sich bisher ausschließlich auf die allgemeine Business System Funktionalität beschränkt. Typische Ansätze wurden hier z.B. von der TH Aachen, verschiedenen Instituten sowie in Form proprietärer Lösungen z.B. von der SAP AG u.a. erarbeitet.

Die für Halbleiterproduktion wichtigen Komponenten

- Prozeß
- Technologie
- Logistik incl. integrierten Transport
- Work in Progress Tracking auf Single Components (Wafer)

werden von diesen Methoden derzeit nicht oder unvollständig abgedeckt.

1.4.1 Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

In einer mittelständischen Softwarefirma beeinflussen die aktuellen Entwicklungen zur Informationstechnologie sowie die kundenspezifischen Anforderungen der mikroelektronischen Industrie die Hardware- und Software-Entwicklungstools. Hauseigene Methodiken und spezifische Tools werden nach Bedarf verwendet. Im Projektzeitraum wurden von camLine verschiedene standardisierte Softwarelösungen (Applikationen, Tools, Datenbanken) und frei käufliche Hardwarekomponenten (Server, PC's) zur Projektbearbeitung eingesetzt. Abgesehen von etwaigen Lizenzen für frei käufliche Software verwendet camLine keine proprietären Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte für die Durchführung der Forschungsarbeiten zur Entwicklung eines MES Factory Reference Model und Evaluierungsmethodik für 300 mm Komponenten und Systeme.

1.4.2 Fachliteratur sowie benutzte Informations- und Dokumentationsdienste

[1] Euroframe, ESPRIT Project 22671, Report 1.1 Survey of available Frameworks, Version 1.3 1997

[2] http://www.fir.rwth-aachen.de/pm/tools/bapsy/haupt.html

[3] http://www.i300i.org

[4] http://www.mesa.org

[5] http://www.sematech.org

[6] SEMATECH, Computer Integrated Manufacturing (CIM) Framework Specification – Version 1.5, Technology Transfer #930616971-ENG

[7] International 300mm Initiative, I300I Factory Guidelines: Version 2.0 #97063311B-ENG

[8] MESA INTERNATIONAL–WHITE PAPER NUMBER 4, MES Software Evaluation and Selection, 1996

[9] MESA INTERNATIONAL–WHITE PAPER NUMBER 6, MES Explained: A High Level Vision, 1997

[10] TÜV Rheinland (FIR Marktspiegel), Markspiegel PPS-Systeme auf dem Prüfstand, 1997

[11] http://www.fastech.com

[12] http://www.consilium.com

[13] http://www.promis.com

[14] http://clearlake.ibm.com/bocaraton/solutions/semiconductor

[15] http://smartfab.ipa.fhg.de/cim/home.htm

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Bei dem im Rahmen des Verbundvorhaben „Prozesse und Equipment für 300 mm Wafer“ durchgeführten Forschungsgprojekt: „MES Factory Reference Model und Evaluierungsmethodik für 300 mm-MES-Komponenten und Systeme“ fand zwischen camLine und den beteiligten Partnern eine intensive und fruchtbare Zusammenarbeit statt. Durch die aktive Teilnahme an den Workshops anderer Softwareprojekte wie z.B. CIM Framework/Smart Fabrication, Sematech, Euroframe/Esprit und den Kontakt zu anderen Softwareherstellern wie z.B. Consilium/Applied Materials, Fastech/Brooks, SiView/IBM, Promis/PRI und Texas Instruments/Works wurde die Einbeziehung auch der internationalen Entwicklungen abgesichert. Mit dem Questionnaire zur Analyse der MES Requirements und den daraus folgenden Kontakten zu Equipmentherstellern und Halbleiterfirmen hat sich die Wissensbasis des mittelständischen Softwareherstellers camLine deutlich verbreitert. Für die eigenen Softwareprodukte ist der Anschluß an den internationalen Standard erreicht worden.

1.6 Darstellung der erzielten Ergebnisse

Die von camLine durchgeführten Forschungsarbeiten leisten wesentliche Beiträge zum Gesamtergebnis des Forschungsgprojekts: „MES Factory Reference Model und Evaluierungsmethodik für 300 mm-MES-Komponenten und Systeme“ sowie zur Auswahl der MES-Software bestehender und zukünftiger leading edge Waferfabs.

Zur Darstellung der erzielten Ergebnisse wurden folgende Möglichkeiten genutzt:

- Protokolle der Arbeitspakettreffen
- Berichte an den Projektträger DLR
- Zusammenfassungen der Statusseminare und des offenen Workshops
- Abschlußbericht, Ergebniskontrollbericht

1.7 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten bei der der camLine Datensysteme für die Mikroelektronik GmbH sowie deren Nutzen und Verwertbarkeit sind im Teil 2: „firmenspezifische Arbeitsergebnisse“ und im „Ergebniskontrollbericht“ ausführlich beschrieben.

1.8 Bekanntgewordene Fortschritte auf diesem Gebiet bei anderen Stellen

Es sind keine über das Projektergebnis hinausgehende Fortschritte bekannt.

1.9 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die Ergebnisse sind im Abschlußbericht und Erfolgskontrollbericht der camLine Datensysteme für die Mikroelektronik GmbH dargestellt und über die Technische Informationsbibliothek Braunschweig (TIB) zugänglich.

2. Arbeitsergebnisse der camLine Datensysteme GmbH

Die mittelständische Softwarefirma camLine stellt hauptsächlich kundenspezifische und standardisierte Software für die mikroelektronische Produktion her. Die Produktionsabläufe ihrer Kunden sind dabei durch eine große **Produkt- und Prozeßvielfalt** gekennzeichnet. Moderne Integrierte Schaltungen z.B. haben oft über 400 Herstellschritte. Daraus folgen hohe Anforderungen an das verwendete Equipment und die Prozeßkonstanz sowie an die Produktionslogistik und somit auch an die Flexibilität und Performance der eingesetzten Manufacturing Execution Systeme.

Wegen der kurzen Laufzeit des vom BMBF geförderten Vorhabens (15 Monate) war eine zügige Projektdurchführung zwingend erforderlich. Die Projektarbeiten sind in vier Workpackages gegliedert:

Workpackage 1	**1. Analysis of the current 6" and 8" MES Requirements**		
	2. Analysis of 300mm MES Requirements		
Workpackage 2	**MES Factory Reference Model**		
	Evaluation Methodology		
Workpackage 3	**MES Factory Profile for 300mm DRAM High Volume Line**		
	MES Component Development Specification		
Workpackage 4	**Assessment of**	**- MES Systems** **- MES Scenarios**	**- MES IT-Architecture**
	Ranking of	**- MES Systems** **- MES Scenarios**	**- MES IT-Architecture**

2.1. Workpackage 1: Analyse und Bestandsaufnahme der MES, spezifische Anforderungen für 300 mm

Das WP 1 beinhaltet die **Analyse und die Bestandsaufnahme** der bereits definierten MES Anwenderanforderungen und MES Automatisierungslösungen. Die Anwenderanforderungen an bestehende und zukünftige MES Systeme und MES Komponenten sind analysiert. Von besonderer Bedeutung sind hierbei:

- MES Realisierungen innerhalb der deutschen und internationalen Halbleiter-industrie (150 u. 200mm)
- MES Realisierungen innerhalb der geplanten Pilotlinie 300 mm der SC 300
- SMART Fabrication CIM Phase 0 BMBF Projekt
- EUROFRAME CIM Framework EU Esprit Projekt

sowie weitere Projekte und Ergebnisse im internationalen Umfeld der MES Systemarchitektur Definitionen.

Aufbauend auf den Ergebnissen ist ein Questionnaire für die speziellen Anforderungen der leading edge 300 mm Technologie erarbeitet und die Ergebnisse analysiert worden, siehe **Anlage (wp1.pdf),** die Struktur der Thematik und ein Beispiel sind im folgenden beigefügt:

- Production Logistic
  - Work Order Processing
  - Material management
  - Resource Management
- Process Management
  - Quality Standards
  - Quality of Lot/Product
  - Quality of Process
  - Quality of Single Process Step
  - Quality of Equipment Process Capability
- Generic Master Data
  - Master Data Management
  - Work Flows
  - Reporting
- Specific Master Data
  - Product
  - Process Plan
  - Factory structure
- Information Technology
  - User Interface
  - Administration
  - Architecture
  - Documentation
- Commercial Information
  - Company
  - Product
  - Sales Condition
  - Pricing
  - References

Production Logistic

1.1 Work Order Processing

1.1.1 Work Order Administration

- Work Order Master Data
  - Work Order Types
    - are fix defined
    - are user definable
    - having no functional effects, for information only
    - can manage different requirements to release status of basis data when processing lots
      - Engineering-lots
      - Production-lots
    - can manage special functionality supporting Testwafer-Logistics
      - related to testwafer production / storage
      - related to testwafer consumption / recycling
  - Work order priorities (e.g. due date, hot lot)

Auszug aus dem Fragenkatalog (gesamt: 500 Einzelfragen)

1 Production Logistic		
1.1 Work Order Processing		
1.1.1 Work Order Administration		
Work order Master Data		
Work order types (e.g. engineering, production, etc)	C	
Work order priorities(e.g. due date, hot lot)	C	
Work order grouping	Y/N	
Work order to customer allocation (internal customer, external customer)	C	
Work order (Lot) size	Y/N	
Work order to FOUP (FOUP = Front opening unified pod) allocation (if FOUPs are monitored and tracked by the MES)		
1 Work order = 1 FOUP	Y/N	
1 Work order = x FOUPs	Y/N	
x Work orders = 1 FOUP	Y/N	
Material allocation to lot per single wafer-ID		
Wafer material number and/or suppliers batch-ID	C	
Single wafer-IDs to work order allocation	Y/N	
Product to work order allocation		
One product per lot	Y/N	
Multiple products per lot	Y/N	
Process plan allocation to work order(n products to m process plans, e.g. for engineering lots etc.)	C	
Work order Modification		
Work order / group of work orders (e.g. customer, priority, product, process plan)	C	
Based on engineering changes and tests (e.g. engineering test related routing and process plan sequences)	C	
Split and merge (to be documented per single wafer id)	Y/N	
Work Order Supplements		

Die zweite Komponente im WP 1. ist die Analyse der Anforderungen, hier speziell der Prozeß- und Automationsstruktur und der damit verbundenen organisatorischen Abläufe. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die Anforderungen bezüglich

- Logistik und Organisation
- Technologie
- Produkt
- Qualität
- Kapazität
- Steuerung und Überwachung
- Equipment
- System Allgemein

Das Ergebnis von camLine zu den spezifischen **MES Anforderungen der 300 mm** Technologie ist ausführlich in der **Anlage (wp1.pdf)** dargestellt, eine Übersicht über die Schwerpunkte ist im folgenden gegeben:

2.1.1 Single Wafer Tracking

Die 300mm Produktionstechnologie verlangt die Einzelidentifizierung der Wafer und die damit verbundene Einzelstückverfolgung (Work in Progress Tracking von Discrete Components, hier Single Wafer). Die Wafer-Identifikation muß in allen Fertigungsschritten und hierbei besonders innerhalb des Equipments vollständig realisiert werden. Hieraus ergibt sich die Erweiterung der Host-Kommunikation über SEMI SECS I/II und GEM mit erweiterten Protokoll-Inhalten in Bezug auf die Wafer-Id zusätzlich zur Lot-Id.

2.1.2. Datenvolumen Prozeßdatei

Im Vergleich zu bestehenden MES Installationen wird sich das Datenvolumen bei 300 mm auf Grund der Einzelwafer-Identifizierung und des Tracking typisch um den Faktor 50 – 100 erhöhen. Gleichzeitig steigt die Transaktionsrate des Prozeßdaten-uploads vom Prozeßequipment auf eine Cell- oder MES-Ebene um diesen Faktor.

2.1.3. FOUP Organisation und FOUP Verwaltung

Bei der 300mm Produktion werden die Wafer in Form von FOUPs (Front opening unified pods) transportiert. Wafer-FOUPs und die damit verbundenen Handling-systeme sowie die Belade- und Entladestationen am Prozeßequipment sind genormt. Damit wird über einfach zu integrierende Transport- und Handlingssysteme und unabhängig vom Prozeßequipment eine qualifizierte Automatisierung realisiert .

Für die FOUPs muß auch eine Wafer_id zu Slot Nummern Zuordnung vorhanden sein, da der Wafer bei 300mm nach einer Prozessierung wieder in den gleichen Slot gebracht wird.

2.1.4. FOUP Prozeßzyklen (Lifecycles)

Die Wafer werden in dem geschlossenen FOUP transportiert, so daß während der Transport- und Lagerzeit eine direkte Identifikation des Wafers nicht möglich ist. Somit muß zusätzlich zur Wafer_Id-Zuordnung eine „Los zu FOUP Zuordnung“ vom MES-System unterstützt werden. Dies betrifft auch die zu unterstützende Schnittstelle zu Transportsystemen. Die „FOUP zu Wafer_id Zuordnung“ sowie die Slot-Zuordnung kann z.B. durch „Standalone Wafer Sorter“ geändert werden. Das bedeutet daß das MES-System hier nicht nur die aktuellen Zuordnungen kennen muß sondern auch die Historie speichern muß.

2.1.5. Testwafer Adminstration, Verwaltung und Tracking

Ein weiterer wesentlicher Unterschied bei der 300mm Produktion ist das logistische Handling der Testwafer, die innerhalb des Prozeßequipments gespeichert und verwaltet werden und abhängig von den Prozeß-Verifikationssequenzen zwischen den produktiven Wafern prozessiert werden. Hiermit verbunden ist, wie auch bei den FOUPs, eine stringente Verwaltung und Administration der Testwafer bezüglich:

- Herstellung Testwafer
- Prozeßpläne
- Testwafer Lose
- Testwafer Qualifikation

2.1.6. Nicht gelöste Aufgaben bei bestehenden MES Systemen und Installationen

Ein weiteres Ergebnis ist die Analyse der Defizite bei bestehenden MES Systemen und Installationen, siehe **Anlage (wp1.pdf),** Punkte dazu sind:

2.1.6.1. Lifecycle Management

Das Lifecycle Management bezüglich Testwafer, Reticles und Durables (Fertigungshilfsmittel) ist in den derzeitigen auf dem Markt verfügbaren MES Systemen nicht oder nur sehr ungenügend gelöst und wird derzeit in Form von zusätzlichen Applikationen und Funktionalitäten realisiert. Von besonderer Bedeutung ist hierbei, daß die Lifecycles vollständig eventgesteuert sind und das Monitoring und Tracking dieser Events zu nicht unerheblichen Schnittstellenproblemen sowohl auf Equipment-, als auch auf Produktionslinien-Ebene und damit auf MES-Ebene führt.

2.1.6.2. Prozeßplanverwaltung für die „high volume Production“ und „Testwafer“

Die Prozeß- und Arbeitsplan-Administration Komponenten bieten bereits in der 200mm Produktion nicht genügende Flexibilität bezüglich:

- Freigabemechanismen von Prozeßplänen
- Freigabemechanismen von Einzelprozeßschritten und Einzelprozeßdefinitionen
- Dokumentationsanforderungen jeglicher Art
- Version- und Variantenbildung von Prozeßplänen und Einzelprozeßdefinitionen
- Verwendbarkeit von Prozeßspezifikationen in Prozeßplänen
- Engineeringtests, Fertigungsversuche pro Umstellung
- Abbildung von Einzelprozeßzielen auf Einzelprozeßarbeitspläne

Ein weiterer wichtiger, bei 200mm nicht zufriedenstellend gelöster Aspekt, ist das Definieren und Administrieren von Prozeßplänen für die Herstellung der Testwafer. Die Anzahl der Testwafer-Prozeßpläne liegt um 2 Größenordnungen über dem der produktiv eingesetzten Arbeitspläne.

Typisch für eine High Volume DRAM-Fertigung sind ca. 10 - 20 aktive Prozeßpläne

sowie mehr als 400 Prozeßpläne für Testwafer. Damit besteht in dem Tracking und Monitoring der Testwafer-Lose ein erhebliches administratives und logistisches Problem, das darin besteht:

- einige 100 Prozeßpläne zu administrieren
- einige 100 Einzelprozeßdefintionen ausschließlich für Testwafer zu definieren, erstellen und freizugeben
- einige 1.000 bis 10.000 Prozeß- und Qualitätsrelevante Parameter zu verwalten und zu monitoren

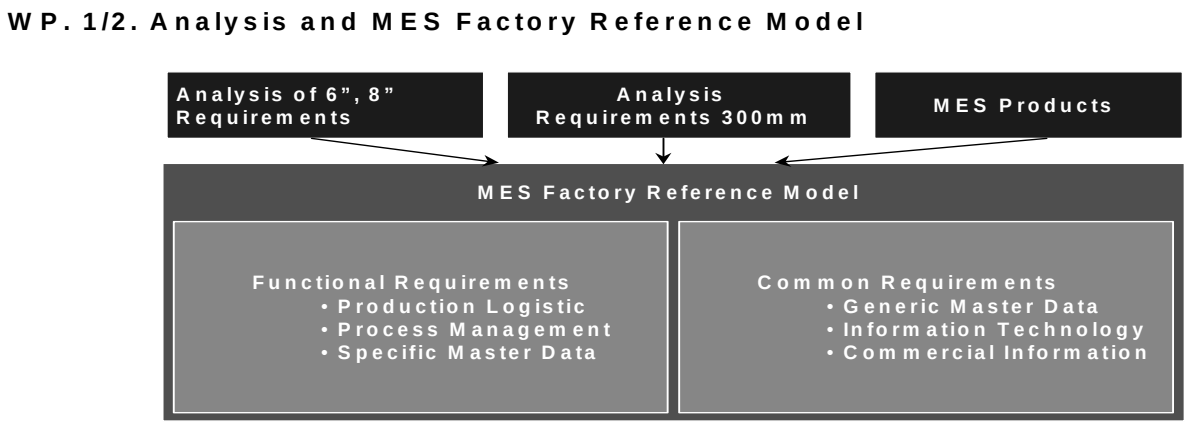
sowie das entsprechendes Routing der Testwafer-Lose in im Zusammenhang mit der Transportsystem Schnittstelle zu realisieren.

2.1.6.3. Work in Progress

Die Work in Progress Komponente bietet bereits in der 200mm Produktion nicht genügende Flexibilität für das Routing von Losen. Hier sind vor allem die Möglichkeit Schleifen bzw. Verzweigungen (z.B. Re-Work-Loops), die Bildung und Nutzung von Teilprozessen und optionale Prozeßschritte zu nennen. Die Steuerung und Verfolgung von Fertigungsversuchen und Probeumstellungen wird bisher nur unzureichend unterstützt. Hier ist vor allem die Änderung von Prozeßplänen und Einzelprozessen für einzelne Lose oder Teilen davon zu betrachten. Bei Fertigungsversuchen und Testumstellungen kommt zusätzlich noch die Problematik von Inkompatibilitäten von sich überlappenden Versuchen hinzu. Diese Überlappung muß vermieden werden. Diese Versuche werden zur Zeit ohne EDV-Hilfe mit einem hohen Koordinierungsaufwand durchgeführt.

2.2 Workpackage 2: MES Factory Reference Model und Evaluierungsmethodik

Die ausführliche Dokumentation zu dieser Workpackage ist im Kapitel 5: Anlage 3 Technischer Anhang, Dokumentation verfügbar **(wp2.pdf)**



Derzeit auf dem Markt verfügbare Manufacturing Excecution Systeme (MES) sind proprietäre Lösungen von weltweit weniger als 10 Softwareherstellern die für die Halbleiterindustrie nur eingeschränkt brauchbar sind.

Für den Endanwender stellt sich zwangsläufig immer die Frage nach dem Abdeckungsgrad seiner individuellen Anforderungen durch die angebotenen MES Systeme / Komponenten. Gleichzeitig sind dem Endanwender nur bedingt alle Anforderungen zum Zeitpunkt einer MES Evaluierung bekannt und aufgelistet.

Es fehlt hierzu ein entsprechendes Reference Model und eine hiermit verbundene Evaluierungsmethodik, um in einem endlichen Zeitraum einen qualifizierten Anforderungskatalog zu erarbeiten und an diesem dann die auf dem Markt befindliche MES Systeme bzw. Komponenten zu bewerten.

Die Problematik dieser Systeme liegt für die Halbleiterindustrie in:

- der oft unzureichenden Abbildung der Anwenderanforderungen
- der teilweise unzureichenden Funktionalität der angebotenen Komponenten
- des meist in sich geschlossenen und nicht erweiterbaren Datenmodells einiger Hersteller
- und der in sich geschlossen und proprietären MES Framework Architektur

Um die unzureichenden systemeigenen Softwaremodule zu ersetzen oder neue, vom ursprünglichen System nicht vorhandene Funktionalitäten zu unterstützen, besteht der kontinuierliche Bedarf bei der weltweiten Halbleiterindustrie, nach einer einfachen, schnellen und damit kostengünstigen Integration von Softwarekomponenten in vorhandene und neue MES Installationen.

Das MES Factory Referenz Model ermöglicht es, ohne hohen Aufwand das MES Anforderungsprofil (MES Factory Reference Profile) einer individuellen Semiconductor Produktionslinie zu erstellen. (hier aktuell am Beispiel der 300 mm Produktionslinie). Die Evaluierungsmethodik stellt die Methoden zur schnellen Evaluierung und Bewertung von MES Komponenten und MES Systemen bereit.

2.2.1. WP 2.1: Entwicklung des MES Factory Reference Model's

Das MES Factory Reference Model ist auf der Basis der WP 1. Analyse entwickelt. Bereits bestehende Reference Model's anderer Industriebereiche sind auf ihre Verwendbarkeit geprüft. Das MES Factory Reference Model ist wie folgt für jede MES Ebene und MES Funktionalität strukturiert:

- Logistik
- Technologie
- Produkt
- Qualität
- Kapazität
- Steuerung und Überwachung
- Equipment
- System Allgemein

Ein wesentlicher Bestandteil des Factory Reference Models ist die Aufteilung und Strukturierung der **Anwenderanforderungen**. Durch diese Strukturierung ergeben sich eine Reihe von Vorteilen. Als erstes wird der Anforderungskatalog leichter lesbar, da zu jedem Punkt die Einordnung unter welchen Thema diese Anforderung zu sehen ist schon durch die Struktur der darüberliegenden Ebene ersichtlich ist. Außerdem ist eine weitere Detailierung dann einfacher durchzuführen da nur noch die untere Ebene zu verfeinern sind. Die Anwenderanforderungen wurden aufgeteilt in:

- Produktionslogistik
- Prozeßbeherrschung
- Allgemeine Anforderungen an Grunddaten
- Spezielle Anforderungen an Grunddaten
- IT Anforderungen
- Kaufmännische Anforderungen

Die Anwenderanforderungen sind im Kapitel 5: Anlage 3 Technischer Anhang, Dokumentation verfügbar **(wp2.pdf)** Nachfolgend werden die Anwender-anforderungen bezüglich der oberen Ebenen kurz beschrieben.

2.2.1.1. Produktionslogistik

Die Produktionslogistik und deren Steuerung kann als der wesentliche Bestandteil eines MES Systems angesehen werden. Unter der Produktionslogistik wurden hier das Abarbeiten der Aufträge (Lose), die Verwaltung der Fertigungsmaterialien und Hilfsmaterialien und die Verwaltung der Ressourcen soweit diese die Fertigungslogistik betreffen zusammengefaßt. Unter dem Abarbeiten der Aufträge sind die Administration der Aufträge, die Einplanung (bzw. eine Schnittstelle zur Planungssoftware) der Aufträge und die Steuerung der Aufträge als Bestandteil eines MES Systems verstanden worden.

2.2.1.2. Prozeßbeherrschung

Unter der Prozeßbeherrschung werden die Themen: Qualitätsanforderungen, Standards (z.B. ISO 9000), sowie die DV-technische Unterstützung bezüglich der Qualitätsanforderung des Produkts, des Prozesses, des Einzelprozesses und des Equipment aufgeführt. Die Beherrschung dieser einzelnen Bereiche um eine entsprechende Produktqualität sicherzustellen muß ermöglicht werden.

2.2.1.3. allgemeine Anforderungen an die Grunddaten

Die Anforderungen bezüglich Stammdaten und allgemeinen Dokumenten sind zusammengefaßt. Darunter fallen allgemeine Anforderungen die ein MES System idealerweise unterstützen bezüglich Dokumenten, strukturierten Daten, Workflows und Reports. Für Dokumente und strukturierte Daten sind die Themen: Meta Daten, Versionen, Varianten und deren Verwaltung relevant. Diese Daten müssen durch qualifizierte Personen erstellt und freigegeben werden. Je kritischer diese Stammdaten/Dokumente bezüglich Änderungen sind um so wichtiger werden MES unterstützte Freigabeverfahren. Dazu ist ein MES-System eigenes Workflowsystem oder die Integration eines externen Workflowsystems eine notwendige Voraussetzung.

2.2.1.4. spezielle Anforderungen an die Grunddaten (Stammdaten)

Für mehrere Bereiche relevante Anforderungen an die Stammdaten sind hier zusammengefaßt. Außerdem sind diese Anforderungen ein wichtiger Kern eines jeden MES Systems. Die Anforderungen an die Prozeßpläne, sowie dessen Referenz zu Produkten (i.e. auch Produktstammdaten soweit diese Relevanz zu Prozeßplänen haben) als auch die Abbildung der Fabrikstruktur sind aufgenommen.

Die Prozeßpläne wurden als Schwachstelle bisher untersuchter Systemen erkannt. Benötigt vor allem flexibel definierbares Routing, eine dem Fertigungsprozeß adäquate Unterstützung der Zusammenhänge zwischen Prozeßplänen, Einzelprozeßanweisungen und Anlagenzuordnungen mit allen relevanten Daten, ausreichende Flexibilität bei den Freigabeverfahren und deren Behandlung im Fertigungsprozeß. Weiterhin zu nennen ist die Versionierung der relevanten Daten wie z.B. Prozeßpläne und Einzelprozeß-anweisungen. Der Wunsch nach mehrstufigen Prozeßplänen um Prozeßplanabschnitte wiederverwenden zu können ist ein weiteres Thema.

2.2.1.5. IT Anforderungen

Unter den IT Anforderungen werden allgemeine technische Anforderungen an das MES-System bzw. Komponente zusammengefaßt. Diese Anforderungen wurden aufgeteilt in Anforderungen bezüglich der Benutzerschnittstelle, Anforderungen bzgl. der Administration, der Systemarchitektur und der Dokumentation.

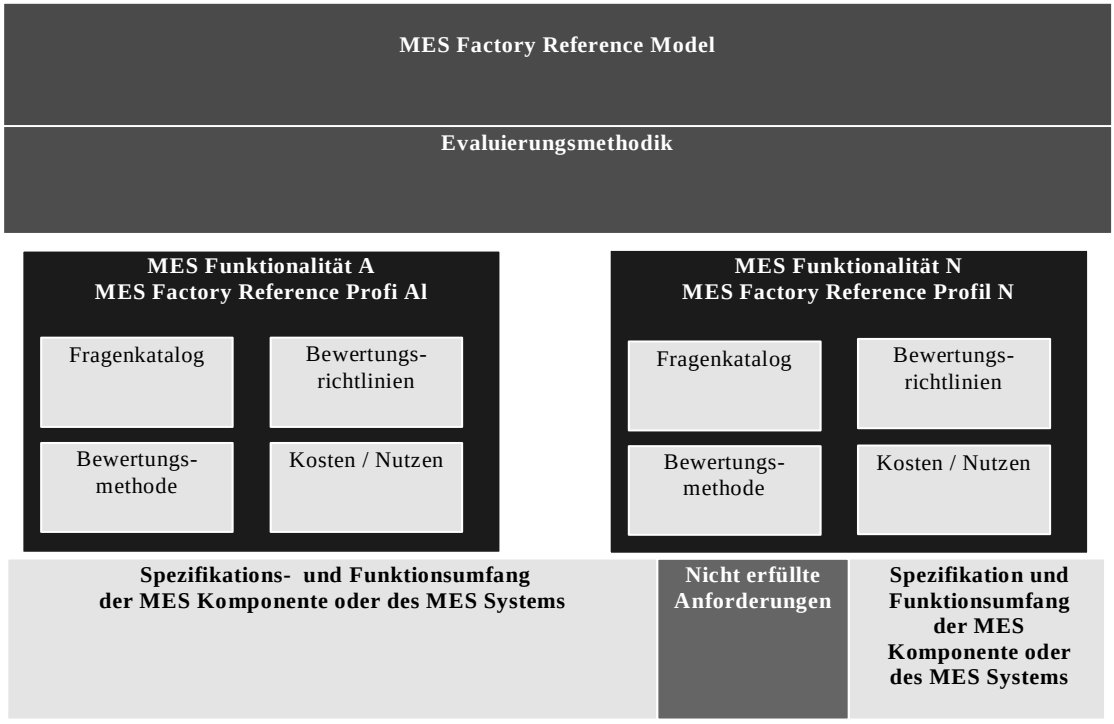
2.2.1.6. kaufmännische Anforderungen

Unter den kaufmännischen Anforderungen werden alle Anforderungen zusammengefaßt, welche nicht technischer Natur sind und die direkt oder indirekt kaufmännische oder wirtschaftliche Anforderungen sind. Unter diese Kategorie fallen Anforderungen an den MES Hersteller im Bezug auf dessen wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit, Vertriebsstruktur, Referenz Installationen und Leistungen welche im Produktumfeld erbracht werden (Support, Wartung, Training, etc.).

Das MES Factory Reference Model enthält damit die Beschreibung der Anwender-anforderungen je MES Funktionalität. Hieraus ergeben sich die Anforderungen an die im WP 3. und WP 4. evaluierten MES Komponenten. Pro Funktionalität und damit pro MES Komponente enthält das MES Factory Reference Model die Definition der

- Anwenderanforderungen
- Leistungsmerkmale
- Public Services pro Funktionalität
- Use Cases per Funktionalität

Das MES Factory Reference Model ist die Grundlage für das Workpackage 2.2: Entwicklung der Evaluierungsmethodik.



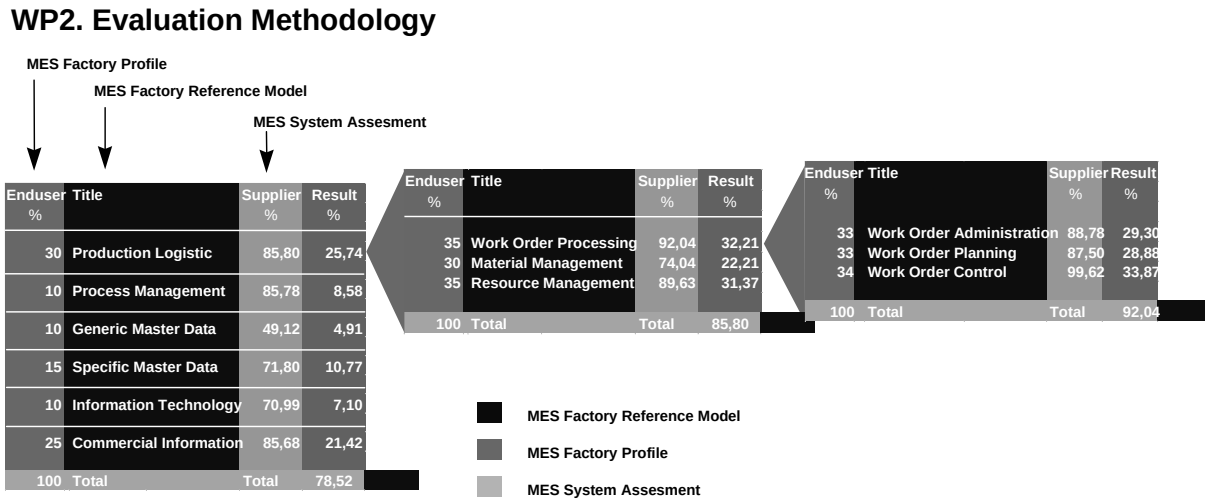
2.2.2. WP 2.2: Entwicklung der Evaluierungsmethodik

Die Evaluierungsmethodik soll eine qualifizierte und schnelle Methodik zur Evaluierung von MES Systemen und MES Komponenten bieten. Dieses Ziel ist auf der Basis des MES Factory Reference Model's im Projektzeitraum erreicht worden.

Die ausführliche Dokumentation zu dieser Workpackage ist im Kapitel 5: Anlage 3 Technischer Anhang, Dokumentation verfügbar **(wp2.pdf)**

2.2.2.1. Bewertungsmethode

Durch die Struktur des MES Reference Models gefordert wird folgendes Schema verwendet. Für jeden Punkt des MES Factory Reference Models wird das Profil erstellt. Hier kann der Anwender bestimmen wie hoch ein einzelner Punkt bewertet werden soll. Zum Beispiel können hier auch Punkte durch Vergabe von 0 % ausgeschlossen werden. Für die Bewertung eines einzelnen Systems sind dann die Bewertungen für die einzelnen Punkte zu ermitteln. Dabei sind nur die Endpunkte zu betrachten, da sich die Bewertungen der höheren Ebenen aus den Bewertungen der tieferen Ebenen unter Zuhilfenahme des Profils automatisch ergeben.



Die Profile einer einzelnen Ebene müssen sich zu 100 % summieren um ein normiertes Ergebnis zu erhalten. Es kann für jede individuelle Anforderung z.B. für eine Fabrik ein eigenes MES Profil erstellt werden.

Die einzelner MES Hersteller bzw. Komponenten werden individuell mittels des MES Factory Reference Models bewertet. Änderungen am Profil für einen Anwender haben außer in den Ergebnissen keine Auswirkungen auf die Bewertungen der Hersteller.

2.2.2.2. Auswahlverfahren

Um den Aufwand für den Fragenkatalog niedrig zu halten werden mit einem komprimierten MES Reference Factory Model zuerst die verfügbaren MES-Hersteller bewertet. Auf Basis dieser Evaluierung soll sich dann eine Vorauswahl von MES Herstellern ergeben. Wenn sich mehrere MES Hersteller in einem relativ homogenen Spitzenfeld befinden, wird mit einem verfeinerten MES Reference Model eine weitere Evaluierung durchgeführt. Möglicherweise reicht aber auch schon das komprimierte Reference Model aus. Durch diesen iterativen Prozeß kann der Aufwand für die Evaluierung erheblich reduziert werden.

2.2.2.3. Umwandlung der Reference Model Daten nach Excel

Das MES Reference Model ist als Word Dokument erstellt. Um die Evaluierung von MES Systemen auf Basis eines Reference Profils durchführen zu können sind umfangreiche Kalkulationen nötig. Diese werden mittels Microsoft Excel durchgeführt. Dazu ist wegen des Umfangs des MES Factory Reference Models eine automatisierte Umwandlung der Word Dokumente in die Excel Tabellen nötig. Diese Umwandlungen werden durch programmierte Excel Makros durchgeführt.

Die verschiedenen Level werden mit unterschiedlichen Farben zur besseren Unterscheidung hinterlegt. In den grün unterlegten Zellen wird das „Profil“ (Bewertungsgewichtung) eingetragen. In den gelben Zellen sind die Bewertungen eines MES Hersteller einzutragen. In den roten Zellen werden die Ergebnisse eines jeweiligen Levels berechnet.

Es gibt für jedes Kapitel ein Vorlageblatt in welchen die Bewertungsgewichtungen einzutragen sind. Für jeden Hersteller werden diese Blätter kopiert und ein Verweis auf das Profile (Bewertungsgewichtungen) erzeugt. In diesen Blättern sind dann die Bewertungen einzutragen.

Beispiel:

		1			2			3			4			5			6			7		
		MFA %	MSA %	Total %	MFA %	MSA %	Total %	MFA %	MSA %	Total %	MFA %	MSA %	Total %	MFA %	MSA %	Total %	MFA %	MSA %	Total %	MFA %	MSA %	Total %
	GRAND TOTAL	100	Total	85,8																		
1	: RUV2\GHOBUFH-WUQ^	35	92,04	32,21	100		92,04															
1,1	: RUV2\GHOSCP\QMUDMRQ				33	88,78	29,3	100		88,78												
1.1.1	: RUVRGHOD DMND DUV							33	91,75	30,28	100		91,75									
1.1.1.1	: RUVRGHOUYGHV/HUFHQ\QHWQ^FBVGHVRQHV^										12	100	12									
1.1.1.2	: RUVRGHOBIERUWH/HUF^GHHGWWKRVRV										11	100	11									
1.1.1.3	: RUVRGHOUBXSQ^										11	75	8,25									
1.1.1.4	: RUVRGHOUHFXVPHUUDFDWQ\QWQUDXVPHUH\WQUDXVPHU										11	75	8,25									

Das Profil ist in den herstellerunabhängigen Blättern einzutragen. Zum Erstellen des Profils (Gewichtung der einzelnen Punkte) müssen je Level die grünen Felder mit Werten von 0 bis 100 ausgefüllt werden. Es muß dabei darauf geachtet werden, daß die Summe (MFA) dann für den darüberliegenden Level sich zu 100 ergibt. Die Gewichtungen sollen dabei die relative Wichtigkeit innerhalb des Levels widerspiegeln.

Hardware Platforms	50	33	16,5	33		33			
Server				33	100	33	100		100
DEC Alpha							0	0	0
HP 9000							100	100	100
IBM RS 6000							0	100	0
SUN							0	0	0
others							0	0	0
Operating Systems	50	67	33,5	67		67			
Client				34	100	34	100		100
Windows NT							100	100	100
Others, please list							0	0	0
Server				33	100	33	100		100
AIX							0	100	0
HP-UX							100	100	100
Open VMS							0	0	0
SOLARIS							0	0	0
Windows NT 4.0							0	0	0
others							0	0	0

Die Darstellung des **MES Factory Reference Profils** erfolgt also mittels Excel-Tabellen. Diese sind für den Projektpartner Semiconductor 300 in der komprimierten Version des „MES Factory Reference Model“ erstellt. (siehe Kap.5, Anl.3, **wp2.pdf**)

2.2.3. Bewertungskriterien

Folgendes Schema für die Bewertung der Funktionalitäten wird soweit möglich verwendet. Abweichungen von diesem Schema sind zu dokumentieren. Auf detailliertere Abstufungen wurde aus Gründen der Zweckmäßigkeit verzichtet. Prinzipiell könnte man auch kontinuierliche Werte zwischen 0 und 100 % zulassen, aber für die Bewertung ist ein einfacheres und weniger detailliertes Schema für viele Funktionalitäten schneller und leichter durchzuführen. Die Überschaubarkeit eines einfachen Bewertungssystems ist ein weiteres nicht zu verachtendes Thema. Dieses Bewertungsschema wird im Rahmen der Auswertungen validiert und gegebenenfalls verändert.

100%, wenn Funktion vorhanden, sofort nutzbar, voller Funktionsumfang, „Plug and Play“ Komponente

75%, wenn Funktion vorhanden, Anpassung erforderlich, keine vollständige Funktionalität, Businessrules sind zu erfassen

50%, wenn Grundfunktionalität vorhanden & nutzbar, Teile einer Umgebung vorhanden

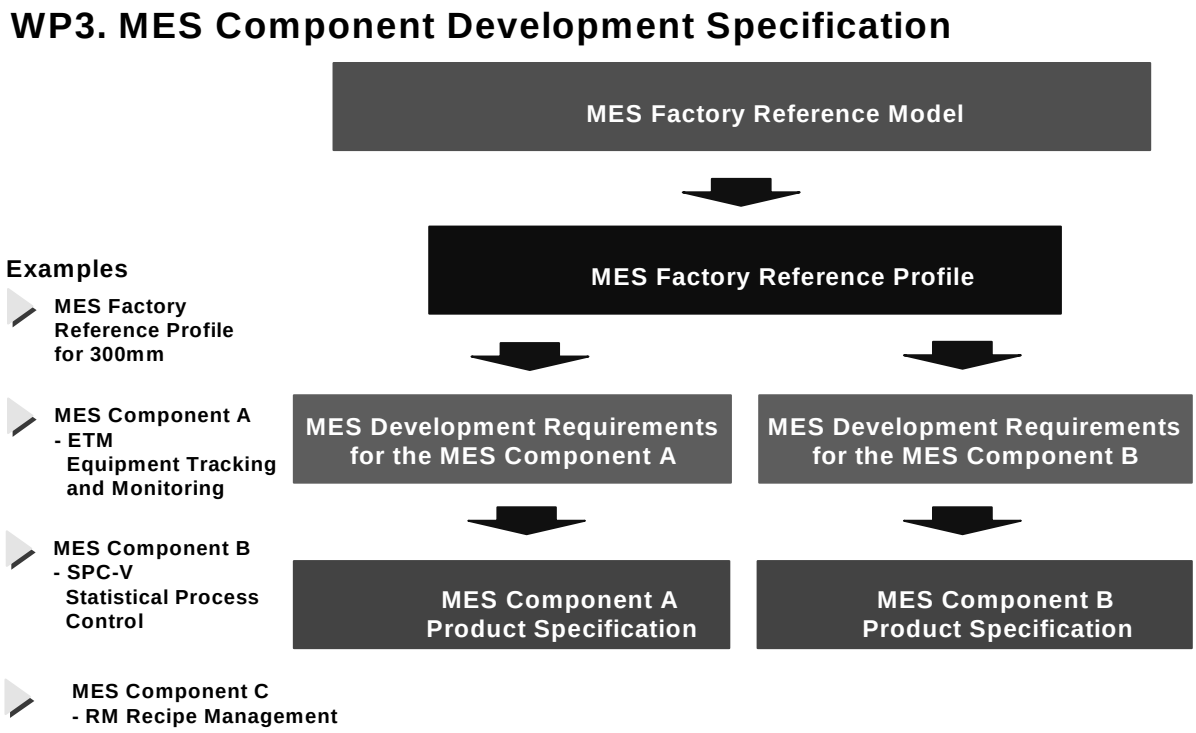
25%, wenn Rudimentär vorhanden, eingeschränkt nutzbar, Mäßig geeignet Softwareschnittstellen

0%, wenn nicht vorhanden, nicht sinnvoll implementierbar, keine praktisch nutzbaren Softwareschnittstellen...

2.3. Workpackage 3: Bewertung der Anforderungen

Die Bewertung der Anwenderanforderungen erfolgt auf der Basis des MES Factory Reference Profils, sie beinhaltet die Gewichtung der im MES Factory Reference Profil enthaltenen Anwenderanforderungen.

Die ausführliche Dokumentation zu dieser Workpackage ist im Kapitel 5: Anlage 3 Technischer Anhang, Dokumentation verfügbar **(wp3.pdf)**

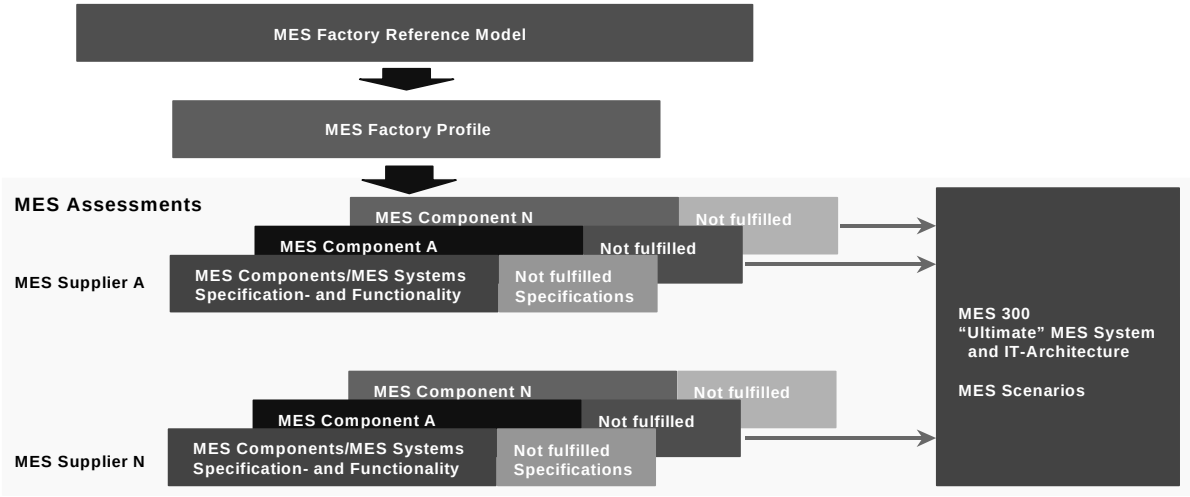


Das MES Factory Reference Profil wird zusammen mit dem Anwender, im Rahmen des Förderprojekts mit dem Projektpartner Semiconductor 300, bewertet. Das Ergebnis der Bewertung ist in das Profil aufgenommen und stellt die Basis für das abschließende Ranking von MES Komponenten und MES Systemen dar (siehe WP 4).

Bei der Erstellung des MES Profils für den Projektpartner Semiconductor 300 haben sich Zielsetzungen und Verwendbarkeit für verschieden Fabriken / Hersteller / Ausrichtungen (Massenfertigung Drams oder Kundenfertigung von Logikchips) des MES Factory Reference Models bestätigt. Einige der Punkte wurden für die Ausrichtung einer zukünftigen 300 mm Massenfertigung Drams erkannt und das Profil mußte nur dementsprechend erstellt werden. Es war nicht nötig, das MES Factory Reference Model deswegen anzupassen. Trotzdem soll nicht vernachlässigt werden, daß durch neue Anforderungen das MES Factory Reference Model angepaßt werden muß, wobei hier aber zuerst noch die jeweiligen Auswirkungen auf Gesamtergebnisse zu betrachten ist.

Project Execution Plan

WP3/4. MES Factory Profile for 300mm DRAM High Volume Line



2.3.1. Profil auf oberster Ebene

Das Profil auf dem obersten Level wurde wie folgt festgelegt:

- Produktionslogistik: 30 %
- Prozeßbeherrschung: 10 %
- allgemeine Anforderungen an Grunddaten: 10 %
- spezielle Anforderungen an Grunddaten: 15 %
- IT Anforderungen 10 %
- kaufmännische Anforderungen 25 %

Die Produktionslogistik im Zusammenspiel mit den speziellen Anforderungen an die Grunddaten sind die wichtigsten Anforderungen an ein MES System. Ebenfalls von großer Bedeutung sind die kaufmännischen Anforderungen, da mit der Auswahl eines MES Herstellers eine längerfristige Bindung an diesen notwendig wird.

2.3.2. Produktionslogistik

Die Gewichtung ist wie folgt:

- Work Order Processing: 35%
- Material Management: 30%
- Ressource Management: 35%

Es wurden alle drei Bereiche ausgewählt, da ein vollständig funktionierendes MES-System diese benötigt.

2.3.3. Prozeßbeherrschung

Die Gewichtung ist wie folgt:

- Requirements Based on Quality Standards (e.g. ISO 9000): 4 %
- Quality of Lot/Product 24 %
- Quality of Process: 24 %
- Quality of Single Process Step: 24 %
- Quality of Equipment Process Capability: 24 %

Der erste Punkt „Requirements Based on Quality Standards (e.g. ISO 9000)“ wurde abgewertet, da dieser zwar eine Relevanz hat, aber die Bewertung dieses einzelnen Punktes, der nicht weiter verfeinert ist schwierig ist.

2.3.4. allgemeine Anforderungen an die Grunddaten

Die Gewichtung ist wie folgt:

- Master Data Management – Common Requirements: 60 %
- Work flows (Release management) - Common requirements: 30 %
- Reporting / data export – Common Requirements: 10 %

Der erste Punkt „Master Data Management – Common Requirements“ wurde aufgewertet, da dieser Punkt der entscheidende Punkt in diesem Bereich ist. Die Frage nach allgemeinen Kriterien, die von Stammdaten erfüllt werden müssen, wie Versionierung etc. sind nur in wenigen bestehenden MES Systemen ausreichend erfüllt. Das Reporting ist bei Systemen, die auf relationalen oder objektorientierten Datenbanken basieren nicht so kritisch, da auf Basis bestehender Daten beliebige Report-Tools laufen können.

2.3.5. spezielle Anforderungen an die Grunddaten

Die Gewichtung ist wie folgt:

- Product: 20 %
- Process Plan: 60 %
- Factory Structure: 20 %

Der Prozeßplan als die wichtigste „Kern Datenstruktur“ eines MES Systems wird höher bewertet als Produkt- und Fabrikstruktur.

2.3.6. IT Anforderungen

Die Gewichtung ist wie folgt:

- User interface: 40 %
- Administration: 10 %
- Architecture: 40 %
- Documentation: 10 %

Die Ebene „User Interface“ und „Architecture“ wird höher bewertet, als die beiden anderen Ebenen, da sich in diesem Bereichen Anforderungen befinden, die sehr wichtig für ein MES System sind. Im Bereich „User Interface“ ist dies die „Verfügbarkeit des Systems“ und im Bereich „Architecture“ die Punkte „Basis Software Architecture“ und „MES Component Architecture“.

2.3.7. kaufmännische Anforderungen

Die Gewichtung ist wie folgt:

- Company: 35 %
- Product: 15 %
- Sales Conditions: 10 %
- References: 40 %

Company und References sind gegenüber den beiden anderen Punkten höher bewertet, Referenz Installationen geben einen Hinweis auf die Nutzbarkeit, mögliche Stabilität etc, da es sich kein Halbleiter Hersteller erlauben kann mit einem nicht in der Praxis bewährtem System zu arbeiten, im Punkt Company sind die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des MES Hersteller, die Größe sowie die Vertriebsstruktur bewertet, die auch wichtige Kriterien bei der Auswahl eines MES Systems sind.

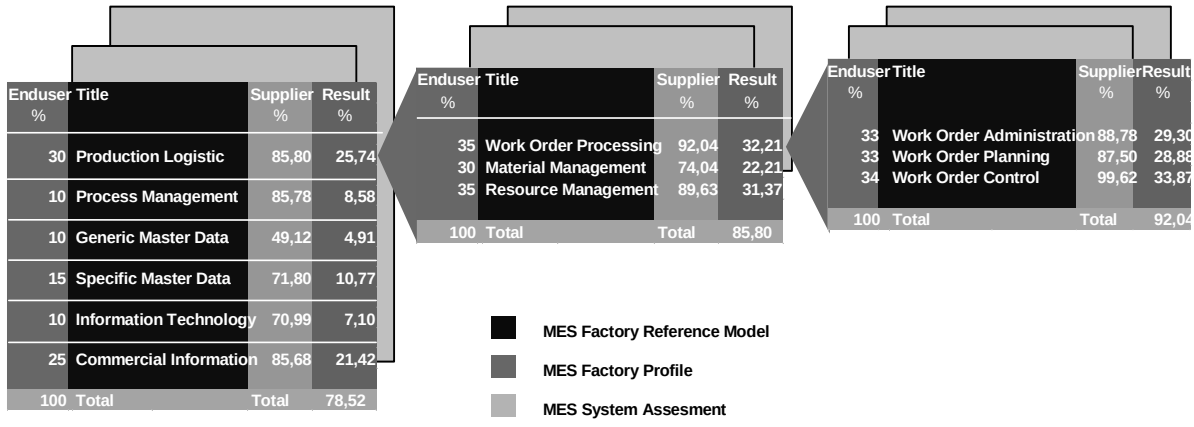
2.4. Workpackage 4: Ranking der MES Komponenten

Das Ranking der MES Komponenten und Systeme erfolgt auf der Basis des MES Factory Reference Profils. Das Ranking bildet den Abschluß der Projektarbeiten zum vom BMBF geförderten Forschungsvorhaben zur „Entwicklung MES Factory Reference Model und Evaluierungsmethodik für 300 mm Komponenten und Systeme“ und liefert eine abschließende Validierung der Ergebnisse der Workpackages 1–3.

Die ausführliche Dokumentation zu dieser Workpackage ist im Kapitel 5: Anlage 3 Technischer Anhang, Dokumentation verfügbar **(wp4.pdf)**

Project Execution Plan

WP4. MES Assessment of MES Systems



Die Ergebnisse des Rankings, in enger Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Semiconductor 300 und mit dem MES Factory Reference Model durchgeführt, sind für folgende Systeme/Hersteller verfügbar:

FactoryWorks von FASTech	SIView Standard von IBM
TIWorks von Adventa	Encore von Promis

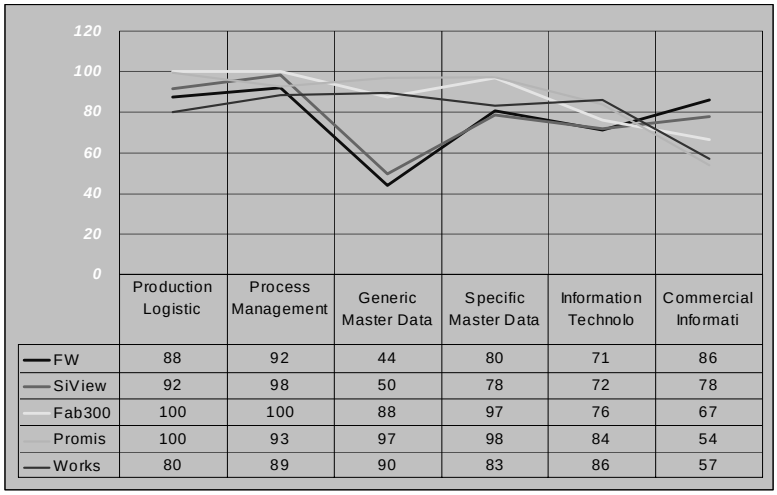
Auszug aus den Kenngrößen einiger MES Systeme

MES Systems Overview

	FactoryWorks (FASTech/ Brooks)	SiView Standard (IBM)	Fab300 (Consilium/ AMAT)	Encore! (Promis)	(Ti)Works (AdventaCT/ TI)	Workstream (Consilium/ AMAT)
✚	• *State of the art architecture* • *experience with infrastructure* • *productive running* • *flexible (CAT BR)* • *Process Plan*	• *CIM Framework Compliant* • *flexible* • *functional rich* • *Process Plans*	• *Promised to be functional rich* • *Visual WorkFlow* • *Process Plan* • *Architecture*	• *Migration path for existing Promis installations*	• *Open architecture* • *CIM Framwork Compliant*	• *Extremely stable* • *in house knowledge*
▭	• *propriety message bus* • *No Interface to Process Plan Tools* • *? Workflow (DMS)*	• *1st Version Q1/99 (98 internal test version)* • *some old modules with CORBA wrapper* • *limited confidence with long term commitment*	• *1st test version announced Q2/99* • *Server only WIN NT 5.0* • *Currently runs under Power Point* • *Several component suppliers not yet selected*	• *Pure Encore! Not functional complete (only in conjunction with PROMIS)*	• *proven ??* • *performance ??* • *stability ??* • *support ??* • *reference ??*	• *no version mgt* • *old monolithic architecture* • *very limited data model* • *bad usability* • *bad system interface* • *no Work flow*

2.4.1. Funktionales Ergebnis

Overview functional evaluation



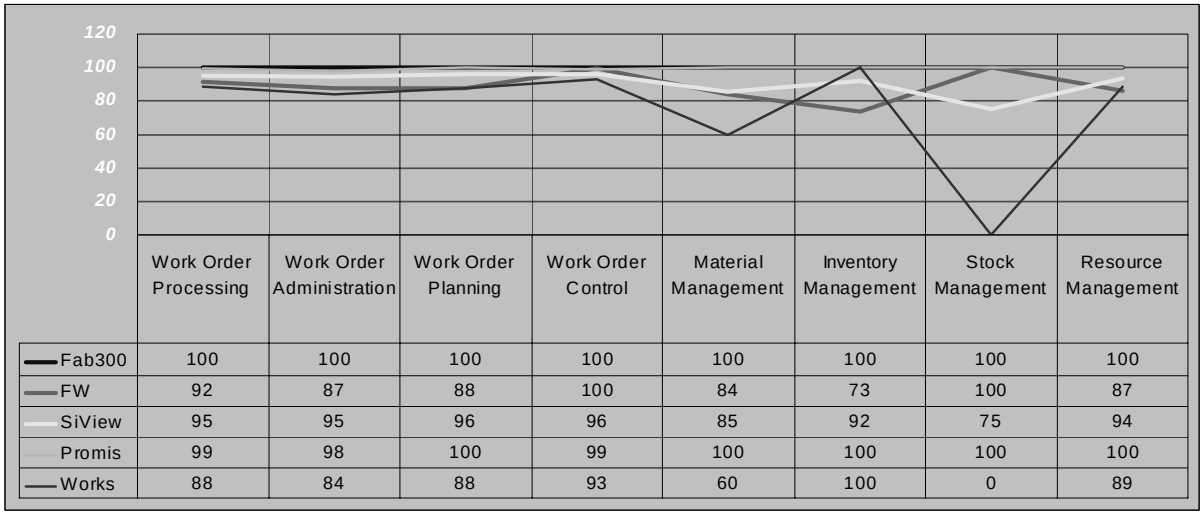
	Production Logistic	Process Management	Generic Master Data	Specific Master Data	Information Technolo	Commercial Informati
FW	88	92	44	80	71	86
SiView	92	98	50	78	72	78
Fab300	100	100	88	97	76	67
Promis	100	93	97	98	84	54
Works	80	89	90	83	86	57

Notes

- **Fab300 not verified (only paper)**
- **FW, SiView Workflow 0% but it is possible to integrate external system**
- **FW functionality devaluation (if functionality has to be done through BR, CAT)**
- **SiView Test Version available Q1/99**
- **Encore! (Promis) still no pure Encore! Installation in use**

Auffällig ist, daß die schon produktiv im Einsatz befindlichen Systeme gegenüber den „Versprechungen“, der Hersteller die noch keine produktiven Systeme im Einsatz haben zurückfallen. Hier besteht die Notwendigkeit die Versprechungen der Hersteller zu verifizieren. Die Vorteile, die diese Systeme auf dem Papier haben müssen also noch überprüft werden, wenn diese Systeme tatsächlich verfügbar sind.

2.4.2. Production Logistic (Level 2+3)



	Work Order Processing	Work Order Administration	Work Order Planning	Work Order Control	Material Management	Inventory Management	Stock Management	Resource Management
Fab300	100	100	100	100	100	100	100	100
FW	92	87	88	100	84	73	100	87
SiView	95	95	96	96	85	92	75	94
Promis	99	98	100	99	100	100	100	100
Works	88	84	88	93	60	100	0	89

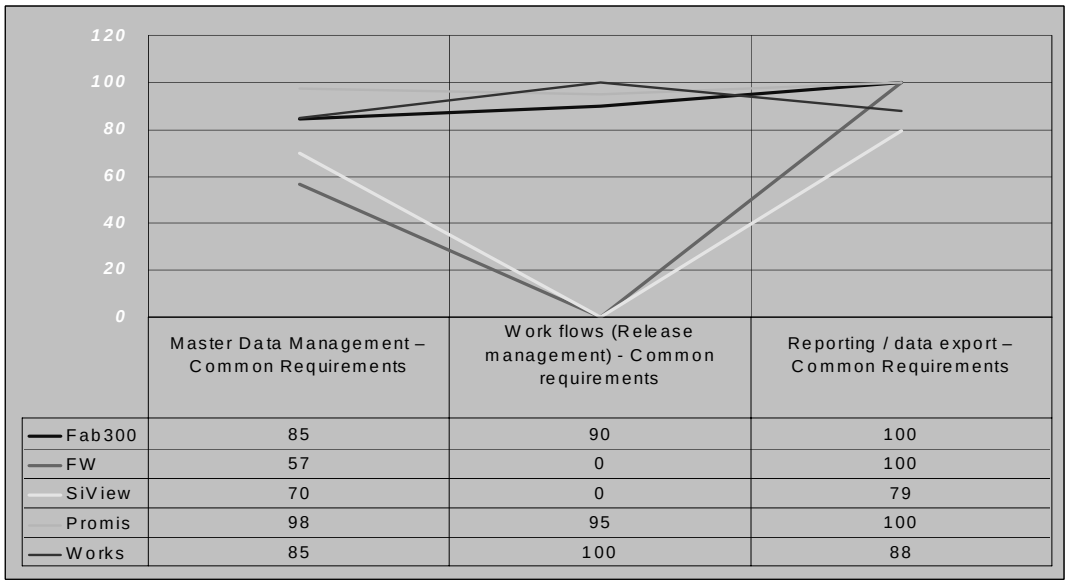
Im Bereich Production Logistic sind die Ergebnisse der 2. Und 3. Ebene relativ dicht beieinander, wenn man (TI) Works außer acht läßt.

Die Bereiche Inventory Management und Stock Management werden in dieser Grafik entgegen ihrem Gewicht optisch überbewertet. Factory Works, SiView und vor allem Works (TI) haben im Bereich Material Management einige nicht im Produktumfang enthaltene Funktionalitäten betreffend Inventory Management bzw. Stock Management.

2.4.3. Process Management

	Requirements Based on Quality Standards (e.g.	Please comment, if your MES does provide special	Quality of Lot/Product	Quality of Process	Quality of Single Process Step
Fab300	100	100	100	100	100
FW	100	100	96	92	80
SiView	100	100	100	97	97
Promis	100	100	100	98	73
Works	100	100	92	85	83

Im Bereich Process Management fällt vor allem auf, daß die Funktionalität um die Qualität des Einzelprozesses zu Überwachen und zu Steuern außer bei Fab300 und SiView nicht vollständig erfüllt werden.

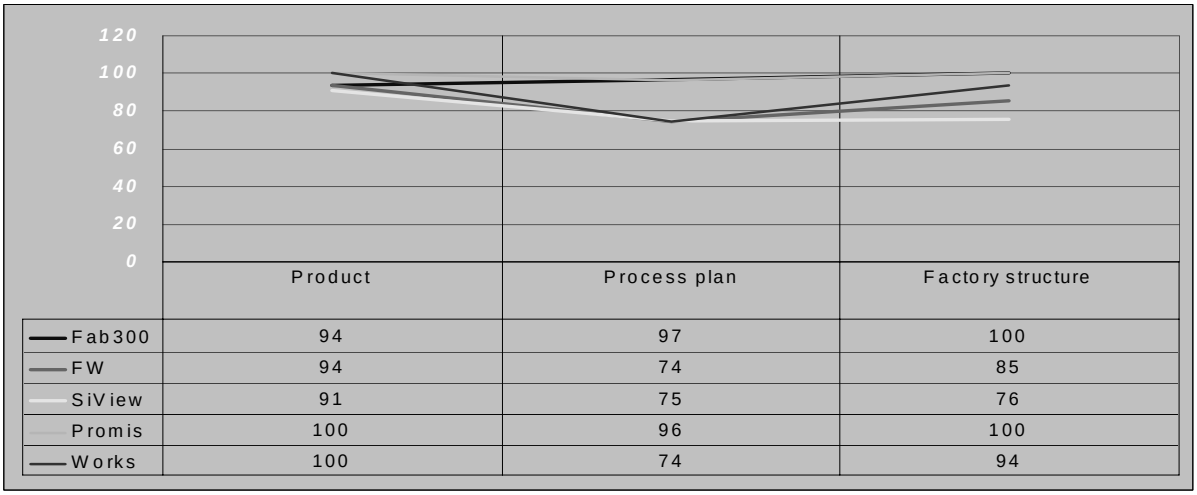


	Master Data Management – Common Requirements	Work flows (Release management) - Common requirements	Reporting / data export – Common Requirements
Fab300	85	90	100
FW	57	0	100
SiView	70	0	79
Promis	98	95	100
Works	85	100	88

2.4.4. Generic Master Data Requirements

Factory Works und SiView wurden im Bereich Work Flows abgewertet da sie, trotz grundsätzlicher Möglichkeit an die Workflow Management Systeme nicht angebunden sind. SiView und FactoryWorks beinhalten außerdem nicht alle allgemeine Anforderungen an die Stammdaten. Dies ist für die Zukunftssicherheit des MES Systems wünschenswert.

2.4.5. Specific Master Data Requirements

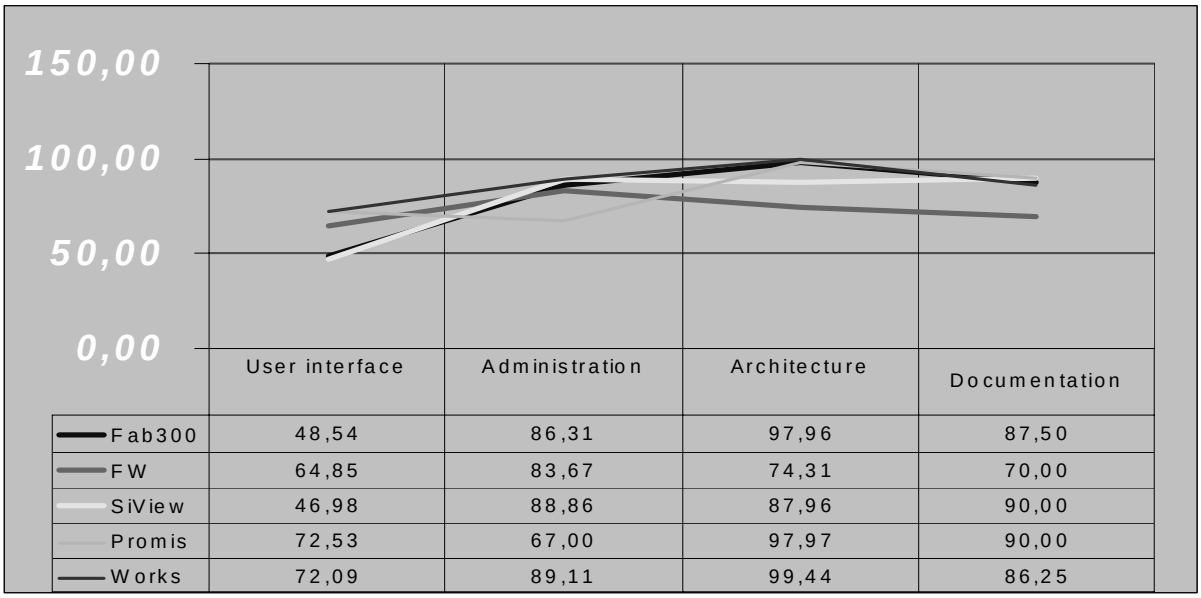


	Product	Process plan	Factory structure
Fab300	94	97	100
FW	94	74	85
SiView	91	75	76
Promis	100	96	100
Works	100	74	94

Im Bereich spezifische Anforderungen an die Stammdaten bestehen bei SiView, Factory Works und Works Schwächen vor allen im Bereich der Prozesspläne. SiView und Factory Works bieten wenig bis keine Unterstützung für temporäre Änderungen an Prozessplänen für Versuche und der Unterstützung für diese Versuche.

2.4.6. Information Technology

Im Unterpunkt Information Technology sehen die Ergebnisse vor allen im



	User interface	Administration	Architecture	Documentation
Fab300	48,54	86,31	97,96	87,50
FW	64,85	83,67	74,31	70,00
SiView	46,98	88,86	87,96	90,00
Promis	72,53	67,00	97,97	90,00
Works	72,09	89,11	99,44	86,25

Bereich User Interface für alle Kandidaten schlechter aus als in den vorher vorgestellten Ergebnissen. Dies liegt zum einen daran, daß zum Beispiel für SiView und Fab300 die Systemverfügbarkeit als nicht vorhanden eingestuft wurde, (diese Systeme sind noch nicht verfügbar, Stand April 1999). Außerdem habe sich bei den User Interfaces einige globale Nachteile ergeben (z.B kein Browser, nur auf einer Plattform lauffähig etc.)

2.4.7. Commercial Information

Die kommerziellen Informationen, der MES Hersteller, wurden mit 0 bewertet, wenn keine Antwort gegeben wurde und auch keine Einschätzung möglich war. Durch dieses Vorgehen sind die Ergebnisse in manchen Bereichen uneinheitlich.

Bezeichnende ist das generell schlechte Abschneiden im Bereich Referenzen, in dem außer Factory Works keiner die volle Punktzahl erhalten kann, da es keine der vorgestellten Lösungen bis zu dem Zeitpunkt der Erstellung dieses Dokuments zu einer echten externen Installation gebracht hat.

	Company	Product	Sales conditions	References
Fab300	63,00	96,88	100,00	50,00
FW	62,75	91,48	100,00	100,00
SiView	95,00	100,00	100,00	50,00
Promis	100,00	88,21	60,00	0,00
Works	46,30	98,75	100,00	40,00

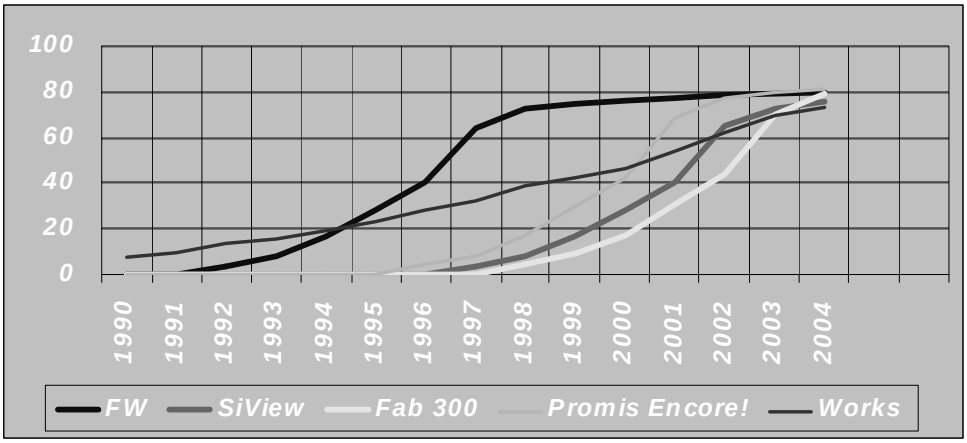
Gerade im Bereich „Commercial Information“ hat sich ein Nachteil des Evaluierungs Modells gezeigt. Das Problem in diesem Bereich ist vor allem eine zahlenmäßige Bewertung zu finden, die den gegebenen Antworten gerecht wird.

2.4.8. Reifegrad der MES Systeme

Während des Evaluierungsprozesses hat sich der Reifegrad der Systeme als ein zusätzliches wichtiges Kriterium herausgestellt, da einige der MES Hersteller mit neuen Software-Produkten in den Evaluierungsprozeß gegangen sind.

Beobachtungen an existierenden MES Systemen haben ergeben, daß ein MES System vom Zeitpunkt des ersten Roll out noch nicht so stabil und reif sein kann wie ein schon länger produktiv im Einsatz befindliches System. Eine komplette Neuentwicklung eines komplexen Systems wie zum Beispiel FactoryWorks mit Beginn der Spezifikationsphase in 1992 und dem ersten Prototyp ca. 1994 hat erst nach ca. 2 bis 3 Jahren den erforderlichen Reifegrad erreicht. Erst dann ist der den Einsatz in einer high volume Halbleiter-Produktion mit der notwendigen Betriebssicherheit ratsam.

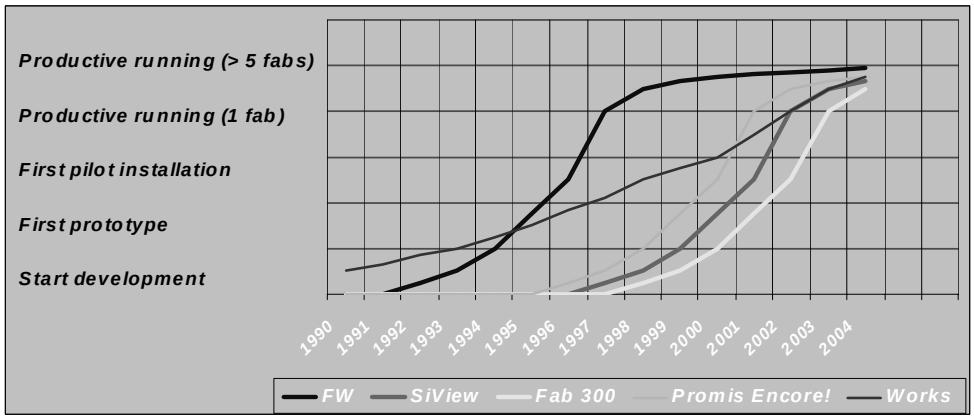
Berücksichtigt man diese Lernkurve eines völlig neuen MES Systems und überträgt diese Lernkurve auf die MES Systeme so sind folgende Reifegrad bzw. Reifegrad * Funktionalität Kurven über die Zeitachse ermittelt worden.



Bei dieser Betrachtungsweise sind zwar eine Anzahl von Problemstellen identifiziert, trotzdem ist diese Betrachtungsweise für einen nicht zu weit in der Zukunft liegenden Zeitraum zu berücksichtigen.

Die möglichen Problemstellen sind:

- Schon bestehende Systeme wie z.B. FactoryWorks werden in der Zukunft sicherlich verbessert. Diese Prognose ist in der Bewertung nicht mit aufgenommen worden, da die Weiterentwicklung der Produkte nicht hinreichend genau zu quantifizieren ist. (z.B. ist die Verbesserung des Faktors „Funktionalität“ schwierig in die Zukunft zu projizieren).
- Die Lernkurve bis ein System reif ist kann variiert je nach Hersteller. Dies hängt von vielen Faktoren wie z.B. verwendeter Basistechnologie, Qualität des Entwicklungsprozesses, Qualität der Spezifikationen etc. ab.
- Nicht berücksichtigt wurde auch, wie sich das schon vorhandene Wissen über den Halbleiter-Markt und MES Systeme auswirkt, da alle betrachteten Hersteller selbst über ausreichendes firmenspezifisches Wissen verfügen.



3. Anlage 1: Erfolgskontrollbericht (camLine)

Erfolgskontrollbericht
MES Factory Reference Model

Entwicklung und
Evaluierungsmethodik für
300 mm MES Komponenten und Systeme

(Berichtszeitraum: 1.4.98-30.6.99)

camLine
DATENSYSTEME FÜR DIE MIKROELEKTRONIK
Jetzendorfer Str. 6 85238 Petershausen
Tel. 08137/935-0 Fax 08137/935-235
email sales@camLine.com

3.1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms

„Prozesse und Equipment für 300 mm Wafer“ ist ein Forschungsvorhaben des BMBF und der deutschen mikroelektronischen Industrie mit dem Ziel durch eine firmenübergreifende Initiative unter Beteiligung deutscher Equipmenthersteller, des leading edge Halbleiterherstellers Semiconductor 300, des mittelständischen Softwareunternehmens camLine und weiterer Partner einen Quantensprung in der Halbleiter-Produktionstechnik zu vollziehen. Durch das gemeinsame Forschungsvorhaben „Prozesse und Equipment für 300 mm Wafer“ werden innovative Produktionskonzepte gefördert, damit auch in Zukunft am Produktionsstandort Deutschland Halbleiterfertigungen für mikroelektronische Schlüsseltechnologien wirtschaftlich erfolgreich betrieben werden können.

Das vom BMBF geförderte Forschungsvorhaben zur „Entwicklung eines **MES Factory Reference Model** und Evaluierungsmethodik für 300 mm Komponenten und Systeme“ bündelt die firmenspezifischen Aktivitäten des Projektpartners Semiconductor 300 und des Softwareunternehmens camLine. Es dient der Entwicklung und Verifizierung effizienter Verfahren und Methodiken zur Konzeption und Auswahl adäquater Manufacturing Execution Systeme (MES). Diese neuen MES Systeme sind für eine leading edge Halbleiterfertigung eine Schlüsselkomponente und ermöglichen der deutschen mikroelektronischen Industrie im internationalen Wettbewerb erfolgreich zu bestehen. Damit leistet das vom BMBF geförderte Forschungsvorhaben einen wertvollen Beitrag zur Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen am Produktionsstandort Deutschland.

Das Forschungsvorhaben bildet eine fachliche Plattform und ist eine wichtige Voraussetzung zur gemeinsamen Projektarbeit des leading edge Halbleiterpartners Semiconductor 300 mit dem deutschen, mittelständischem Softwareunternehmen camLine, es bildet die Basis für firmenübergreifende Synergieeffekte innerhalb der deutschen Mikroelektronik und den internationalen Softwareherstellern.

Ein reger Erfahrungsaustausch der Partner des vom BMBF geförderten Vorhabens „MES Factory Reference Model“ zu anderen CIM Aktivitäten , wie zum Beispiel: Smart Fabrication CIM Framework, Euroframe/Esprit und Sematech USA wurde durchgeführt. Damit ist sichergestellt, daß das verfügbare spezifische Wissen in die Projektarbeiten einfließt und die Ergebnisse auch im internationale Wettbewerb verwertbar sind. Bestehende und zukünftige Produkte des Softwareherstellers camLine werden mit der im Forschungsvorhaben erarbeiteten erweiterten Wissensbasis wesentlich verbessert; das unterstützt auch die wirtschaftlichen Perspektiven von camLine und führt zu neuen Arbeitsplätzen.

Die im Fördervorhaben praktizierte Zusammenarbeit und der freie Informationsaustausch verschiedener, auch außereuropäischer Unternehmen liefern wertvolle Synergieeffekte zu den zukunftssichernden Entwicklungsaktivitäten der Projektpartner, sie potenzieren damit das investierte Forschungskapital.

3.2 Wissenschaftlicher und technischer Erfolg des Vorhabens sowie die erreichten Nebenergebnisse und gesammelte wesentliche Ergebnisse

Die mittelständische Softwarefirma camLine stellt hauptsächlich kundenspezifische und standardisierte Software für die gesamte mikroelektronische Produktion her. Die Produktionsabläufe ihrer Kunden sind dabei durch eine große **Produkt- und Prozeßvielfalt** gekennzeichnet. Moderne Integrierte Schaltungen z.B. haben oft über 400 Herstellschritte. Daraus folgen hohe Anforderungen an das verwendete Equipment und die Prozeßkonstanz sowie an die Produktionslogistik und somit auch an die Flexibilität und Performance der eingesetzten Manufacturing Execution Software.

Trotz der mit 15 Monaten kurzen Laufzeit des vom BMBF geförderten Vorhabens zur „Entwicklung eines **MES Factory Reference Model** und Evaluierungsmethodik für 300 mm Komponenten und Systeme“ sind mit einer zügigen, zielorientierten Projektdurchführung alle Ziele erreicht worden.

Der **wissenschaftliche Erfolg des Vorhabens** basiert auf der Kompetenz der Projektpartner Semiconductor 300 und des Softwareherstellers camLine bei der Erforschung der relevanten Kenngrößen für die Konzipierung, Auswahl und den Einsatz von zukunftssicheren und leistungsfähigen Manufacturing Execution Systemen für die leading edge 300 mm Halbleiterproduktion.

Aufbauend auf einer Analyse bestehender 150 mm und 200 mm Fabrikationen bezüglich der Anforderungen von MES Systemen und der Erforschung spezifischer Anforderungen der 300 mm Produktion wurde ein strukturiertes Questionnaire mit über 500 Einzelfragen erstellt. Interviews mit ausgewählten MES Hertellern sind durchgeführt und die Ergebnisse wissenschaftlich ausgewertet. Eine effiziente Methodik zur Auswertung des Fragenkatalogs mit einer automatischen Erfassung und Darstellung in Excel Tabellen ist entwickelt, programmiert und verifiziert.

Ein für die MES Auswahl universell verwendbares „MES Factory Reference Model“ ist entwickelt und am Beispiel der 300 mm Produktionstechnologie verifiziert. Flankierend dazu verläuft die Entwicklung der „Evaluation Methology“ erfolgreich.

Weitere wissenschaftliche Schwerpunkte sind die Untersuchungen zum „MES Factory Profile“ für die 300 mm DRAM high volume production des Projektpartners Semiconductor 300 und die MES Component Development Spezifikation. Der wissenschaftliche Erfolg liegt in der universell verwendbaren Methodik zu einer differenzierten Gewichtung und Spezifizierung von Kenngrößen für die MES Software sowie der erfolgreichen Verifizierung am Beispiel der 300 mm Halbleiterproduktion.

Mit der durchgeführten Einschätzung (Assessment) sowie der Bewertung von MES Systemen, der verwendeten Software-Architektur und den Scenarios beim Einsatz in der Halbleiterproduktion sind die entwickelten Verfahren und Methodiken am Beispiel der Produktion des Projektpartners Semiconductor 300 erforscht und mit positivem Ergebnis verifiziert. Damit leisten die Projektarbeiten einen wertvollen Beitrag zur gesamten Thematik der „Manufacturing Execution Systeme“ und der effizienten Produktionssteuerung in der mikroelektronischen Industrie.

Der **technische Erfolg** des Vorhabens beruht auf den durchgeführten Analysen zu den Erfordernissen leistungsfähiger Manufacturing Execution Systeme, dem erarbeiten und analysierten Questionnaire, dem entwickelten Factory Reference Model, dem MES Factory Profile und dem für die Halbleiterproduktion des Projektpartners Semiconductor 300 durchgeführtem Assessment verschiedener MES Hersteller.

Das Ziel des Projekts die Entwicklung eines MES Factory Reference Model´s und der Evaluierungsmethodik von MES Komponenten und MES Systemen ist voll erreicht. Das MES Factory Reference Model ermöglicht, ohne großen Aufwand ein MES Anforderungsprofil (MES Factory Reference Profil) einer individuellen Halbleiter-Produktionslinie zu erstellen (hier aktuell am Beispiel der 300 mm Produktionslinie).

Mit der Evaluierungsmethodik werden die Methoden zur schnellen Evaluierung und Bewertung von MES Komponenten und MES Systemen bereitgestellt.

Beide Komponenten ermöglichen camLine

- die qualifizierte und schnelle Analyse der kundenspezifischen MES Anforderungen auf der Basis des MES Factory Reference Model´s
- die qualifizierte und schnelle Definition von neuen Produktanforderungen für die zukünftige Produktentwicklung
- die qualifizierte und schnelle Beurteilung von Wettbewerbsprodukten und damit eine schnelle Markt- und Wettbewerbsanalyse

Die Anwenderanforderungen sind von existentieller Bedeutung bei Definition von neuen MES Komponenten und/oder Erweiterungen. Ebenso sind sie die Basis für Produktvergleiche bzw. Benchmarking von MES Komponenten und -Systemen. Diese Anwenderanforderungen und die damit verbundenen Use Case’s wurden bisher nicht betrachtet und die bisherigen CIM Framework Definitionen wurden somit leider unabhängig von einen individuellen Anwendungsfall abgebildet. Die Abbildung der Anforderungen an ein Manufacturing Execution System (MES) können jetzt ohne großen zusätzlichen Aufwand individuell pro Anwender vorgenommen werden.

Ein weiteres Ziel, die Anwendung des MES Factory Reference Model´s für die neue 300 mm Produktionslinie konnte ebenfalls in der Projektlaufzeit erreicht werden. Das hier gewonnene „300 mm Anwenderprofil“ ist unmittelbar in weitere F+E Aktivitäten und damit auch in die camLine Produktentwicklungen eingeflossen.

Das dritte Ziel, die erste Anwendung der Evaluierungsmethodik im Rahmen einer Entscheidung der Semiconductor 300 GmbH für die nächste Generation eines MES Systems zu verwenden ist auch realisiert. Hier ist die Anwendbarkeit der Evaluierungsmethodik und damit des MES Factory Reference Model’s zusammen mit einem Endanwender geprüft und validiert worden.

3.3 Einhaltung des Kosten- und Zeitplans

Der im Antrag auf Förderung genannte Kostenplan wurde eingehalten. Ebenfalls eingehalten wurde der Zeitplan, wie in den Zwischenberichten an den Verbundkoordinator und den Projektträger DLR dokumentiert.

3.4 Verwertung des Ergebnisses und erkennbare Verwertungsmöglichkeiten

Die Verwertung der Ergebnisse im vom BMBF geförderten Forschungsvorhaben zur „Entwicklung eines **MES Factory Reference Model** und Evaluierungsmethodik für 300 mm Komponenten und Systeme“ erfolgt hauptsächlich indirekt über den Input in die aktuelle Produktentwicklung des Softwareunternehmens camLine, dieser Einfluß ist aber dennoch bedeutsam. Die in diesem Projekt erzielten F+E Ergebnisse sind von großer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit des von camLine entwickelten MTMS Manufacturing Tracking and Monitoring Systems: LineWorks Semiconductor und LineWorks Electronics,

- so ist zum Projektende der Kenntnisstand bezüglich den speziellen Erfordernissen der Halbleiter-Produktionstechnik und der verfügbaren Manufacturing Execution Systeme durch die Entwicklung und Analyse des Questionnaire deutlich verbessert,
- die qualifizierte und schnelle Analyse der kundenspezifischen MES Anforderungen auf der Basis des entwickelten und verifizierten MES Factory Reference Model´s ohne großen Aufwand möglich,
- eine qualifizierte und schnelle Definition von neuen Produktanforderungen unterschiedlicher Kunden der mikroelektronischen Industrie für die zukünftige Produktentwicklung von camLine durchführbar,
- und es ist durch eine qualifizierte und schnelle Beurteilung von Software-Wettbewerbsprodukten eine schnelle Markt- und Wettbewerbsanalyse zu erstellen.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens fließen bei camLine in folgende Produktentwicklungen ein:

- **Processplan Administration für das Work in Progress (WIP) Modul**
  Bisher ist im WIP Modul noch keine Prozeßplan-Administration enthalten. Diese wird unter Berücksichtigung der Forschungsergebnisse neu entwickelt.
- **WIP Modul Version 4.0**
  Das Work in Progress Modul wird um die Features: Einzelteilverfolgung, Target und Source Routes, und User-definable Hook-Functions erweitert.
- **SPC-V Version 4.0**
  Die Ergebnisse zum 300 mm Datenmodell führen zu einer Reihe von innovativen Erweiterungen und Modifikationen der derzeitigen Version der Statistical Process Control Software (SPC). Es sind z.B. zusätzliche Funktionsmodule, sowie eine Erweiterung der Reportingfunktion geplant.

Die Abbildung der 300 mm Anforderungen auf der Basis des MES Factory Reference Models und der im Projekt entwickelten Evaluierungsmethodik in die LineWorks Semiconductor Komponenten, bei gleichzeitiger Unterstützung einer standardisierten 300 mm Framework Architektur bedeutet darüber hinaus den Ausbau der bestehenden europäischen Leading Edge Position von camLine. Aktuelle Produkte sind derzeit: LineWorks SPACE Modul, LineWorks ETM Modul sowie der Semiconductor Client und der camLine Application Server.

3.5. In Anspruch genommene und verwertete Erfindungen, Schutzrechtsanmeldungen und Schutzrechte

Es sind keine proprietären Erfindungen in Anspruch genommen oder verwertet worden. Schutzrechtsanmeldungen und Schutzrechte, bezüglich der Verwertung in dem Forschungsvorhaben erzielter Ergebnisse sind nicht angemeldet.

3.6. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Alle gemeinsam mit Semiconductor 300 in den Arbeitspaketen erforschten Themen sind mit positivem Ergebnis abgeschlossen. Die intensive und offene Zusammenarbeit aller beteiligten Partner und Firmen hat dazu wesentlich beigetragen.

4. Anlage 2

4.1. Zusammenfassung

Der weltweite Wettbewerb auf dem IC Markt, getrieben durch die fernöstlichen silicon foundries sowie die stetig steigenden Kundenanforderungen an Funktionalität und Leistungsfähigkeit der Halbleiterprodukte erzwingen steigende Aufwände auch bei den Manufacturing Execution Systemen (MES) zur Produktionssteuerung.

Vereinzelte Ansätze zur Realisierung der flexiblen Anforderungen kundenorientierter deutscher Halbleiterhersteller sind zwar erkennbar, trotzdem sind z.B. allgemeine Anforderungsprofile und Bewertungskriterien adäquater MES Software nicht vorhanden. Fehlentscheidungen beim Kauf und Einsatz dieser Software sind sehr teuer und wegen der komplexen Herstelltechnologie der hochintegrierten Halbleiterprodukte nur mit langen Zeitverzögerungen zu korrigieren.

Durch die Arbeiten im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens zur „Entwicklung eines **MES Factory Reference Model** und Evaluierungsmethodik für 300 mm Komponenten und Systeme“ sind neue, effiziente Verfahren und Methodiken zur Spezifizierung und Auswahl geeigneter MES Software entwickelt und erforscht worden. Es sind folgende Ergebnisse erzielt:

Aufbauend auf einer Analyse bestehender 150 mm und 200 mm Fabrikationen bezüglich der Anforderungen von MES Systemen und den Anforderungen der 300 mm Produktion wurde ein strukturiertes Questionnaire mit über 500 Einzelfragen erstellt. Eine effiziente Auswertemethodik mit einer automatischen Erfassung und Darstellung in Excel Tabellen ist entwickelt, programmiert und verifiziert. Ein für die MES Auswahl universell verwendbares „MES Factory Reference Model“ sowie eine adäquate Evaluation Methology ist entwickelt und am Beispiel der leading edge 300 mm Halbleitertechnologie verifiziert.

Die Untersuchungen und Entwicklungen zum „MES Factory Profile“ für die 300 mm DRAM high volume production des Projektpartners Semiconductor 300 und die MES Component Development Spezifikation sind positiv abgeschlossen. Mit einem Assessment verschiedener MES Hersteller und den Scenarios beim Einsatz in der Halbleiterproduktion sind die entwickelten Verfahren und Methodiken am Beispiel der Produktion des Projektpartners Semiconductor 300 positiv verifiziert.

Zusammenfassend ist als Ergebnis die qualifizierte und schnelle Analyse kundenspezifischer MES Anforderungen auf der Basis des entwickelten und verifizierten MES Factory Reference Model ohne großen Aufwand möglich, eine qualifizierte und schnelle Definition von neuen Produktanforderungen unterschiedlicher Kunden der mikroelektronischen Industrie ist für die aktuelle Produktentwicklung von camLine jetzt präzise durchführbar, und es sind durch standardisierte Beurteilungen von SW-Wettbewerbsprodukten laufend aktualisierte Markt- und Wettbewerbsanalysen möglich.

Die Abbildung der 300 mm Anforderungen auf der Basis des MES Factory Reference Models und der im Projekt entwickelten Evaluierungsmethodik in die LineWorks Semiconductor Komponenten, bei gleichzeitiger Unterstützung einer standardisierten 300 mm Framework Architektur bedeutet darüber hinaus den Ausbau der bestehenden europäischen Leading Edge Position von camLine. Aktuelle Produkte sind derzeit: LineWorks SPACE Modul, LineWorks ETM Modul sowie der Semiconductor Client und der camLine Application Server.

4.2 Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	**Berichtsart:** Abschlußbericht
3a. Titel des Berichts	MES Factory Reference Model, Entwicklung und Evaluierungsmethodik für 300 mm Komponenten und Systeme
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Braun, Kurt	**5. Abschlußdatum des Vorhabens** 30. Juni 1999
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))	**6. Veröffentlichungsdatum**
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) camLine Datensysteme für die Mikroelektronik GmbH Jetzendorfer Strasse 6, 85238 Petershausen, Germany Projektpartner: Semiconductor 300 Infineon (früher Siemens AG)	**9. Ber.Nr. durchführende Institution**
	10. Förderkennzeichen *) 01 M 29 92 E
	11a. Seitenzahl Bericht 45 Seiten
	11b. Seitenzahl Publikation
	12. Literaturangaben
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) 53170 Bonn	**14. Tabellen**
	15. Abbildungen
16. Zusätzliche Angaben web Adresse: http://www.camline.com	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	

18. Kurzfassung

Der weltweite Wettbewerb auf dem IC Markt, getrieben durch die fernöstlichen silicon foundries sowie die stetig steigende Kundenanforderungen an Funktionalität und Leistungsfähigkeit der Halbleiterprodukte erzwingen steigende Aufwände auch bei den Manufacturing Execution Systemen (MES) zur Produktionssteuerung. Im Rahmen des BMBF-Projekts: „**MES Factory Reference Model and Evaluation Methology**“ ist deshalb ein alle Anforderungen integrierendes MES Referenzmodell entwickelt und erforscht werden.

Die Ergebnisse eines spezifischen Questionnaire liegen vor zur Analyse der Anforderungen bestehender 6“ und 8“ Produktionen, sowie der leading edge 300 mm Technologie.

Ein allgemein verwendbares MES Reference Model und die Evaluation Methology ist entwickelt und mit dem entsprechendem MES Factory Profile für die 300 mm high volume DRAM Linie des Projektpartners Semiconductor 300 verifiziert.

Mit dem Assessement von MES Systemen / Herstellern, dem untersuchen von MES Scenarios sowie dem Ranking unter Berücksichtigung der MES IT-Architektur leisten die Ergebnisse einen wertvollen Beitrag zum leading edge Verbundprojekt „Prozesse und Equipment für 300 mm Wafer“ und vergrößern die Wissensbasis des **Softwareherstellers camLine** für seine aktuellen Produkte: LineWorks SPACE Modul, LineWorks ETM Modul, Semiconductor Client und camLine Application Server.

19. Schlagwörter	Manufacturing Execution System, CIM Framework, MES Reference Model, 300 mm Technologie, Produktionssteuerung
20. Verlag	**21. Preis**

4.3 Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	**2. Type of Report:** Final Report
3a. Report Title	MES Factory Reference Model, Development and Evaluation for 300 mm Components and Systems
3b. Title of Publication	
4a. Authors of the Report (Name, Christian name(s)) Braun, Kurt	**5.End of Project** June 30, 1999
	6. Publication Date
4b. Authors of the Publication (Name, Christian name(s))	**7. Form of Publication**
8. Performing Organization(s) (Name, Address) **camLine Datensysteme für die Mikroelektronik GmbH Jetzendorfer Strasse 6, 85238 Petershausen, Germany** Project Partners: Semiconductor 300, Infineon (former Siemens AG)	**9. Originator's Report No.**
	10. Reference No. 01 M 2992 E
	11a. No. of Pages Report 45 pages
	11b. No. of Pages Publication
13. Sponsoring Agency (Name, Address) Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) 53170 Bonn	**12. No. of References**
	14. No. of Tables
	15. No. of Figures
16. Supplementary Notes http://www.camline.com	
17. Presented at (Title, Place, Date)	

18. Abstract

The funded BMBF project **MES Factory Reference Model and Evaluation Methology**" focuses on increasing requirements for Manufacturing Execution Systems due to current demands for more realistic & detailed modeling of fabs, equipment, processes, material flow, equipment data processing, process & product documentation and all other key factors to push and control production efficiency.

By using a detailed 500 questions interview cycle, current 6" and 8" waferfabs were investigatet to evaluate the MES Requirement analysis for the leading edge 300 mm high volume DRAM Production Line. Positive Results have been achieved in developing new MES Factory Reference Models using improved Evaluation Methology and MES Factory Reference Profiles suitable for 300 mm Wafer Production.

MES Component Development Specifications and Assessements of MES Systems & Vendors to define a suitable Scenario and IT Architecture were performed and finished by a specific Ranking to match the advanced requirements of Semiconductor 300. camLine improves also his knowledge for the current Products: LineWorks SPACE Modul, LineWorks ETM Modul, Semiconductor Client and camLine Application Server.

19.Keywords	Manufacturing Execution System, CIM Framework, MES Factory Reference Model, MES Factory Reference Profile
20. Publisher	**21. Price**

5. Anlage 3 Technischer Anhang, Dokumentation

Diese Anlage ist sehr umfangreich und enthält zum Teil Informationen die nicht zum allgemeinen Gebrauch bestimmt sind. Bei technischem Interesse an dieser Dokumentation bitten wir um Kontakt mit camLine z.B. per email an: sales@camline.com oder an camLine direkt Tel.: 08137 935 200