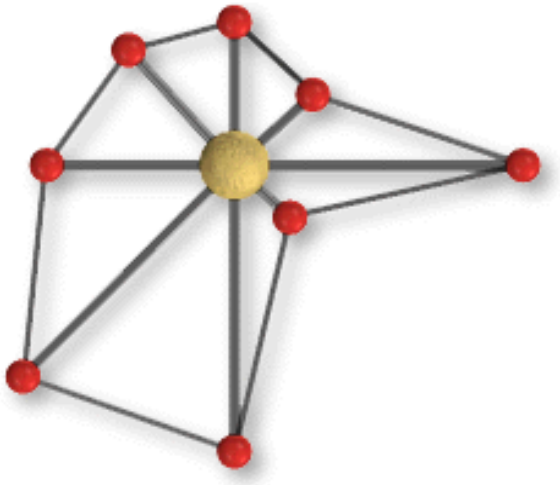
SMART FABRICATION
Konzepte für intelligente Reinheitssysteme

Fraunhofer-Institut
Produktionstechnik und Automatisierung
IPA



SCHLUSSBERICHT

bearbeitet von:
Dieter Werner (IPA)
Udo Gommel (IPA)
Dr. Jochen Schließer (IPA)
Martin Frohn (IPA)

Stuttgart, im Dezember 1999

Inhaltsverzeichnis

0	**Einführung**	**3**
	Projektpartner:	3
1	**Aufgabenstellung**	**4**
	Gesamtziele des Vorhabens	4
	Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele des Vorhabens	5
2	**Planung und Ablauf des Vorhabens**	**7**
	Projektplan	7
	Pflichtenheft (WP 1)	7
	Reinraum (WP 2)	7
	Geräteintegration (WP 3)	7
	Organisation (WP 4)	8
	Integration (WP 5)	8
	Projektumfeld	8
3	**Stand der Technik**	**9**
	Literatur	11
	Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden	11
4	**Ergebnisse**	**12**
	Verwertbarkeit der Ergebnisse	12
	Übersicht der Ergebnisse	13
	Ergebnisse des Arbeitspakets 1 "Pflichtenheft"	13
	Ergebnisse des Arbeitspakets 2 "Reinraum"	14
	Ergebnisse des Arbeitspakets 3 "Geräteintegration"	17
	Ergebnisse des Arbeitspakets 4 "Organisation"	18
	Ergebnisse des Arbeitspakets 5 "Integration"	20
	Anhang	**21**

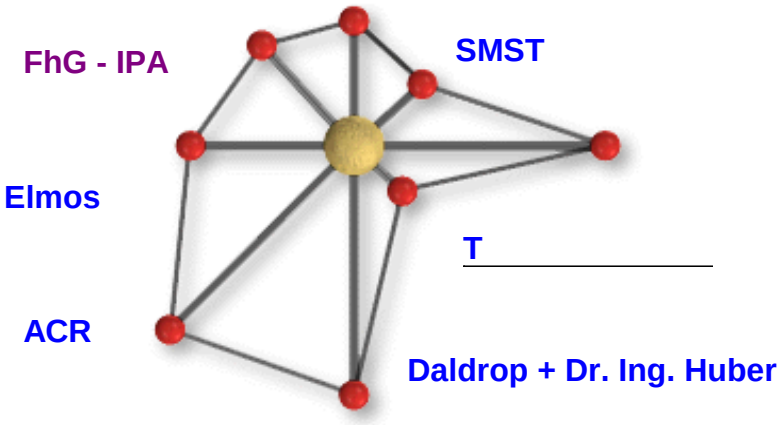
0 Einführung

In diesem Dokument werden die im Projekt IRIS gestellten Ziele und Ergebnisse des Fraunhofer Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (FhG-IPA) vorgestellt, die in Zusammenarbeit mit den Projektpartner erbracht wurden.

Das FhG-IPA beschäftigte sich innerhalb des Projekts IRIS schwerpunktmäßig mit der

- Erstellung eines Pflichtenheftes zur Entwicklung des Gesamtkonzeptes
- Erstellung eines Kostenmodells zur finanziellen Bewertung alternativer Reinheitskonzepte
- Abstimmung und Überarbeitung der Teilkonzepte mit den Partnern.
- Integration der Teilkonzepte zu einem flexiblen, den jeweiligen Qualitätsanforderungen angepaßten Gesamtkonzept.

Projektpartner:



1 Aufgabenstellung

Gesamtziele des Vorhabens

Ziel des Projektes ist es, Prinzipien für intelligente Reinheitssysteme zu konzipieren, zu entwickeln und zu erproben, die als Schlüsselkomponenten zukünftige smarte Halbleiterfertigungen möglich machen. Mit den vorgesehenen Arbeiten sollen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, zukünftig schnell und flexibel intelligente Reinheitssysteme an die spezifischen Anforderungen der verschiedenen Produkte anpaßbar zu machen und die benötigten Halbleiterfertigungsgeräte kostengünstig und schnell in die so definierte Reinrauminfrastruktur einzubringen. Es sollen Möglichkeiten geschaffen werden, Halbleiterfertigungsgeräte, Automatisierungskomponenten und Reinraumtechnik aufeinander abzustimmen und innerhalb eines Gesamtsystems zu realisieren.

Ausgehend von bisherigen Arbeiten und Erkenntnissen weltweit tätiger Entwicklungskonsortien, wie beispielsweise in verschiedenen JESSI-Projekten, wird das gesamte Reinheitssystem, bestehend aus den Elementen Reinraum, Automatisierungskomponenten, lokalen Anlagenkapselung, Ein-/Ausgabeschnittstellen, Halbleiterfertigungsgeräten sowie bestehenden Schnittstellen zwischen den Komponenten kritisch analysiert und in unterschiedlichen Lösungskonzepten realisiert. Die unterschiedlichen Lösungsprinzipien werden dabei im Rahmen einer Integration beim Projektpartner ELMOS qualifiziert und unter Heranziehung eines ebenfalls innerhalb des Projektes zu entwickelnden universell für Reinheitssysteme einsetzbaren Kostenrechnungsmodells zu intelligenten Reinheitssystemen für unterschiedlihe Anwendungen in smarten Halbleiterfertigungen ausgearbeitet.

Das Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung verfolgt innerhalb des geplanten FuE-Projektes das Ziel, ein zur Qualifizierung solcher ganzheitlicher Reinheitssysteme auf der Basis einer Cost-of-ownership (COO)-Betrachtung ein Kostenmodell zu entwickeln, das es auch kleinen Unternehmen ermöglicht, die Auswirkungen von Änderungen im Reinheitssystem bereits im Vorfeld zu bewerten und zu optimieren.

In dieses auch zur Qualifizierung des entwickelten Gesamtsystems zu entwickelnden sollen die Erkenntnisse von innerhalb des FuE-Projektes zu realisiernden Applikationen einfließen. Durch die Entwicklung dieses

Kostenmodells wird das Zusammenwirken des Gesamtsystems kalkulierbar gemacht. Erarbeitete (Teil-)Konzepte des FuE-Projekts werden bei ELMOS im Zuge der Umrüstung einer bestehenden ASIC-Fabrikation realisiert und bewertet.

Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele des Vorhabens

Die wirtschaftliche Fertigung mikroelektronischer Bauelemente (ASICS, Speicher etc.) bedarf für die Zukunft intelligenter ganzheitlicher Reinheitssysteme, um technologischen (µ und sub-µ Strukturen) und unternehmensstrategischen Aspekten zu genügen.

Dieses FuE-Projekt verfolgt das Arbeitsziel, Prinzipien von Reinheitssystemen für smarte Reinraumtechniken verfügbar zu machen, um dadurch insbesondere für kleine und mittelständische ASIC-Hersteller die Voraussetzungen zu schaffen, einfach, kostengünstig und flexibel ihre Fertigung auf zukünftige andere Anforderungen umzustellen. Diese Produktionsänderungen sind gerade für kleine ASIC-Hersteller mit einem enormen unternehmerischen Risiko verbunden, da bei der Umstellung häufig nur begrenzte finanzielle Mittel und ein enger Zeitrahmen verfügbar sind. Die beispielhafte Entwicklung eines Konzeptes für intelligente Reinheitssysteme dient der Unterstützung bei Planung und Realisierung von zukünftigen, smarten Produktionsstätten.

Erfolgversprechende Ansätze für kostenoptimierte Reinraum- und Reinheitskonzepte, wie beispielsweise die SMIF-Technologie, scheiterten bisher häufig an extrem teuren, gerätespezifischen Adaptierungsmaßnahmen, an Fertigungsgeräten mit unterschiedlichen Anforderungen an die Reinraumtechnik, an nicht kompatiblen Automatisierungskomponenten, an unflexiblen klimatechnischen Grundinstallationen in bestehenden Reinräumen und nicht zuletzt an einer nicht ganzheitlicher Betrachtungsweise der Integrations- und Schnittstellenproblematik

Zur Entwicklung flexibler Reinraumsysteme müssen die davon betroffenen Hauptbestandteile:

- Art der eingesetzten/installierten Reinraumtechnik,
- Typ, Ausbildung und Integrierbarkeit des eingesetzten Fertigungsgeräte (Verkettung von Vakuumclustern, Bauweise der atmosphärischen Geräte etc.)
- Einfluß der Reinraumtechnik auf den Transport und des Handhabung der Produkte zwischen dem Fertigungsgeräte (Personal, Transportsysteme)

etailliert unter den Gesichtspunkten der Flexibilität, Kostenentstehung und -entwicklung einzeln und in Ihrer Wechselwirkung betrachtet werden.

2 Planung und Ablauf des Vorhabens

Projektplan

Um der Zielsetzung gerecht zu werden, wurde das Projekt in 5 Arbeitspakete mit den folgenden Schwerpunkten, aufgegliedert.

Pflichtenheft (WP 1)

Die Tätigkeiten innerhalb dieses Arbeitspunktes für das FhG-IPA umfassen die Erarbeitung des Pflichtenheftes für die Arbeitsschwerpunkte „Kosten- und Reinheitskonzepte“ durch Analysen existierender Projektergebnisse, Auswertung von Literatur sowie Besuchen von Halbleiterfertigungsgeräteherstellern, SMIF/Minienvironment-Komponentenherstellern, Reinraumherstellern und existierenden SMIF/Minienvironment-Fertigungslinien.

Reinraum (WP 2)

Zur Evaluierung einer kostengünstigen, flexiblen Systemlösung für die Eingrenzung der reinraumtechnisch relevanten Bereiche erarbeitet das FhG-IPA innerhalb dieses Arbeitspunktes Anforderungen an manuellen, teil- und vollautomatisierten Ein-/ Ausgabeschnittstellen relevanter Reinheitssysteme.

Zur Erarbeitet eines universell adaptierbaren, kostenoptimierten Lüftungskonzeptes zur Erhöhung der Flexibilität des Reinraumlayouts und zur Optimierung der Flächennutzung übernimmt das FhG-IPA die Abstimmung der Arbeitsinhalte und fachliche Zusammenarbeit mit den einzelnen Projektpartnern. Von den Projektpartnern erarbeitete Konzepte werden durch das FhG-IPA geprüft und gegebenenfalls ergänzt.

Geräteintegration (WP 3)

Ziel diese Arbeitspaketes ist Erarbeitung der optimalen Bedingungen zur Integration von unterschiedlichsten Fertigungsgeräten in die Produktion. Die Aufgaben des FhG-IPA innerhalb dieses Arbeitspunktes umfassen zusammen mit den Projektpartnern die Konzeption und Abstimmung der manuellen, teil- und vollautomatisierten Ein-/ Ausgabeschnittstellen unter den Gesichtspunkten minimaler Luftströmungsgeschwindigkeiten und höchster

Isolationsgrade. Des weiteren leistet das FhG-IPA den Projektpartnern durch konzeptionelle Recherchen fachliche Zuarbeit.

Hier werden Logistik- und Reinheitsanforderungen für die Ankopplung unterschiedlicher Prozeßgeräte und Prozeßcluster erarbeitet, beispielsweise durch geräteinterne Ein/Ausgabe. Vorabergebnisse und Untersuchungen aus dem Smart Fab Teilprojekt CIM bzgl. Materialfluß und Logistik werden in dieser Workpackage berücksichtigt und verwendet.

Organisation (WP 4)

Vom FhG-IPA wird in diesem Arbeitspunkt ein universell einsetzbares Kostenmodells für Reinheitssysteme entwickelt. In Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Projektpartnern werden Bedarf, Grundstruktur und Daten ermittelt und zu einem arbeitsfähigen Softwaretool umgesetzt. Der Leistungsnachweis erfolgt anhand des Kostenmodellierens im Projekt entworfener und realisierter Reinheitskonzepte bei den Partnern Elmos und Thesys. Als Ergebnis dieses Arbeitspunktes steht ein Leistungs-Vergleich für die unterschiedlichen Lösungsprinzipien zur Verfügung.

Im Rahmen der Entwicklung von Wartungsstrategien reinraumtechnischer Anlagen (Aufrechterhaltung der Reinheit) leistet das FhG-IPA die Unterstützung bei der Konzepterstellung unter Berücksichtigung von Ergebnissen aus dem Smart Fab Teilprojekt CIM-Framework „Preventive Maintenance“ sowie Abstimmung der Arbeitsinhalte.

Integration (WP 5)

Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse und Erkenntnisse nach der praktischen Realisierung von (Teil-) Konzepten intelligenter Reinheitssysteme unter Produktionsbedingungen für bestehende und neue Produktionen.
Das FhG-IPA führt in diesem Arbeitspunkt die Zusammenführung und der in den vorangegangenen Arbeitspaketen entwickelten Lösungskonzepte durch.

Projektumfeld

Das Projekt fügt sich nahtlos in den Förderschwerpunkt *Mikroelektronik SMART FABRICATION* ein.

3 Stand der Technik

Die nachfolgend aufgezeigten Gesichtspunkte erläutern den Stand der Wissenschaft und den Stand der Technik und zeigen bestehende Defizite und Entwicklungspotentiale auf.

Reinraumtechnik
Es existieren heute unterschiedlichste Konzepte reinraumtechnischer Anlagen, die bei hohen Anforderungen an die zu gewährleistende Reinheit zum Teil sehr hohe Investitions- und vor allem Betriebskosten bedingen. Als kostengünstige Variante ist z.B. die "Tunnellösung" einsetzbar, bei der nur über den in einer Linie angeordneten Fertigungsgeräten hohe Reinheitsklassen herrschen. Diese Konzepte stellen an die angelernten Kräfte, die Produkte durch den "schmutzigen" Raum transportieren müssen, bevor sie in die "reinen" Zonen eingegeben werden, hohe, nicht zumutbare Anforderungen an Bekleidung und Disziplin. Ein anderer kostengünstiger Ansatz, der gerade in letzter Zeit vielfach favorisiert wird, ist die Minienvironment-Technik, die bisher jedoch in der Luftaufbereitung noch nicht berücksichtigt wurde.

Fertigungsgeräte
Die zur Zeit in mikroelektronischen Fertigungen eingesetzten Fertigungsgeräte sind häufig unzureichend auf den Einsatz im Reinraum ausgelegt. Gerade neueste Untersuchungen und Erfahrungen zeigen, daß die gewährleistete "Reinraumtauglichkeit" von Fertigungsgeräten in den meisten Fällen nur in Verbindung mit einem hochwertigen Reinraum erzielt wird. Für eine funktionale und kostenbewußte Einbindung von Fertigungsgeräten muß für diese jedoch eine grundsätzliche, reinheitstechnische Ausführung erreicht werden. Stand der Technik zur Anpassung an die reine Fertigungsumgebung ist die aktive strömungstechnische Einbindung, vielfach mit Hilfe von Absaugungen. Diese aktiven Anpassungen verursachen jedoch zusätzliche, hohe Investition- und Betriebskosten, die durch eine einfache, flexibel an nahezu alle Fertigungsgeräte adaptierbare Gestaltung leicht zu reduzieren bzw. zu vermeiden sind.

Der Transport der Produkte erfolgt überwiegend dadurch, daß Operatoren die meist in Boxen eingepackten Wafer von einer Maschine zur anderen tragen. Die Ein-/Ausgabe der Produkte erfolgt manuell, die Operatoren besitzen dadurch einen viel zu großen, nicht reproduzierbaren Einfluß auf hier erfolgende Kontamination von Produkten. Selbst durch Reinräume hoher Reinheitsklassen oder auch bei Tunnellösungen können Probleme der jederzeit möglichen Kontaminationen nicht ausgeschlossen werden. Aus diesem

Grund müssen für den Materialfluß automatisierte oder teilautomatisierte Ein-/Ausgabesysteme, die eine reproduzierbare Übergabe ermöglichen eingesetzt werden. Im Falle einer Beeinträchtigung des Produktes kann somit ein Rückschluß auf Kontaminationsursachen abgeleitet werden. Stetig wechselnde Produkte und deren Anforderungen an die Fertigungsumgebung bedingen hierbei eine flexible Anpassung und Modifikation des eingesetzten Reinraumsystems. Die Integration von Automatisierungskomponenten in Fertigungsgeräte führt häufig bei der Festlegung der Spezifikationen und Ausbildung der Schnittstellen zu erheblichen Abstimmungsproblemen.

Gesamtkonzept

Zur Zeit kommt nur ein einziges reinheitstechnisches Gesamtkonzept in der Produktion mikroelektronischer Bauelemente zum Einsatz. Dieses „SMIF/ Minienvironment“-Konzept ist gekennzeichnet durch die Einkapselung von Fertigungsgeräten, die Installation höchster Reinheitsklassen innerhalb dieser Kapselungen sowie die Ein-/Ausgabe der Produkte/Wafer in die gekapselten Maschinen über eine standardisierte Schnittstelle. Dieses sich zur Zeit langsam durchsetzende Produktionskonzept zeichnet sich bisher jedoch durch hohe Kosten und teilweise erhebliche Defizite bezüglich Reinheit und Zuverlässigkeit aus. Die spezifische geometrische Anpassung der Einkapselung der Fertigungsgeräte verursacht derzeit noch hohe Kosten. Ebenso führt die gerätespezifische Adaption und Installation der standardisierten Ein-/Ausgabesysteme zur Steigerung der Investitionskosten. Ebenfalls bestehen Defizite der Reinheit in der ungenügend angepaßten reinen Umgebung (Luftströmung, partikelerzeugende reibende Materialpaarungen etc.) innerhalb der gekapselten Geräte sowie im Übergabebereich zwischen Gerät und Ein-/Ausgabe -System. Auch die mangelnde Zuverlässigkeit der Ein-/Ausgabe-Systeme schlägt hier negativ zu Buche.

Literatur

/1/ Castrucci, P.:
"The future fab: Changing the paradigm." In: Solid State Technology, Januar 1995. Seite 49-56.

/2/ Fluor Daniel:
Strategic Future Fab Study. Volume 1 - Summary Report. Greenville (SC), Juni 1994.

/3/ Haystead, J.:
"Advances in Minienvironments." In: Cleanrooms, April 1995. Seite 12-16.

/4/ Kaiser:
"Achieving Chemical and Particulate Isolation through the Use of Minienvironments." In: Microcontamination, April 1994. Seite 35-39.

/5/ Klumpp, B./Schließer, J./Herzog, O.: "Future SMIF-Integration For Semiconductor Fabrication." Institute of Environmental Sciences (IES) - Proceedings, 1995. Seite 205-210.

/6/ Livingston, J./Art, D./Martin, R./Traylor, F.: "Are Minienvironments more economical for new construction?" In: Micro, März 1995. Seite 33-39.

/7/ Newboe:
"Shopping for a Minienvironment." In: Semiconductor International, Juli 1994. Seite 54.

/8/ Pucel, X.:
"SEMI, JESSI, SEMATECH Drive Minienvironments Standards." In: Semiconductor International, April 1994. Seite 69-74.

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

Im Projekt wurden keine bekannten Konstruktionen, Verfahren oder Schutzrechte Anderer benutzt.

4 Ergebnisse

Die detaillierte Beschreibung der Ergebnisse befindet sich im Anhang des Abschlußberichts.

Verwertbarkeit der Ergebnisse

Durch das Projekt erhalten kleine und mittlere Unternehmen (kmU) die entsprechenden Möglichkeiten, auf der Basis der erarbeiteten Ergebnisse Entscheidungen zur Investition und zum Bau von intelligenten, hochflexiblen Reinheitssystemen zu treffen. Es ist somit sichergestellt, daß eine Umsetzung der Entwicklungsergebnisse dazu beiträgt, Deutschland weiter zu einem innovativen und reaktionsfähigen HighTech-Standort auszubauen.

Die dabei gewonnenen Erfahrungen ergeben grundlegende Ansatzpunkte in der Fertigungsoptimierung insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen, um noch besser die dynamischen Märkte innerhalb dieses Wirtschaftssektors mit seinen sich schnell ändernden Anforderungen bedienen zu können. Die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit im Markt kann nur gewährleistet werden, wenn solch ein Basiswissen entsprechend schnell und flexibel umgesetzt werden kann.

Es ist ebenfalls zu erwarten, dass intelligente und flexible Reinheitssysteme branchenübergreifende Bedeutung erreichen werden und somit auch in vielen anderen Bereichen entscheidende Impulse für ein wirtschaftliches Produzieren am Standort Deutschland liefern können.

Die Projektergebnisse werden, soweit möglich, zur nationalen und internationalen Standardisierungsarbeit (ISO, SEMI, DIN, VDI, etc.) verwendet.

Übersicht der Ergebnisse

Im folgenden wird eine Übersicht der erzielten Ergebnisse des Projekts gegeben. Details zu den Ergebnissen sind in dem jeweiligen Erfolgskontrollberichten enthalten.

Ergebnisse des Arbeitspakets 1 "Pflichtenheft"

Innerhalb dieses Arbeitspunktes wurde ein detailliertes Lasten-/Pflichtenheft Auf Basis der Vorhabenspläne des Projektkonsortiums und der gemeinsamen Zielsetzung ausgearbeitet.

Das FhG-IPA hat dazu seine für das Projekt relevanten Erfahrungen und Erkenntnisse aus vorangegangenen Projekten zusammengetragen und zur Verfügung gestellt sowie in großem Umfang bei der Konzeption dieses Lasten-/Pflichtenheftes mitgewirkt.

Die Komplexität des Vorhabens wurde dabei durch Abstimmung gemeinsamer Themen, Bildung von Arbeitsgruppen mit Bestimmung fachlicher und organisatorischer Schnittstellen und Zuordnung des verantwortlichen Projektpartners aufgenommen und projektiert. Im Zuge dieser Detaillierung konnten bereits vorab weitere Forderungen, Optionen und weitere Möglichkeiten für alle Workpackages formuliert werden.

Die Ergebnisse wurden in einem offenen Workshop anlässlich der Messe Cleanrooms Europe im Juni 98 präsentiert.

Lastenheft							Pflichtenheft					
Nr.	Topic		Last	F	O	W		Lösungsansatz	F	M	Rückwirkung	Verantw.
1	**INTELLIGENTES REINHEITSSYSTEM**						ZUSTÄNDIGKEIT:	**ELMOS**				
1.1	Zielvorgaben intelligentes Reinheitssystem	1	Planungstool zur Konzeption intelligenter Reinheitssysteme	✓			A	Definition "Reinheitssystem" (RHS)	✓			IPA
							B	Komponenten und Schnittstellen des RHS aufzeigen, z. B. als Matrix	✓			
		2	Erstellung eines Kostenmodells	✓			A	Netzplan der Abhängigkeiten	✓			IPA
							B	Vorgehensweise		✓		
		3	Reinheitsspezifikation Produkt / Prozeß	✓			A	Umsetzung der allg. Technologie-Roadmaps (SIA, JESSI, ...) in Spezifikationen für fertigungsgeräte:				SMST, THESYS, ELMOS
								1--luftgetragen	✓			
								2--PWP		✓		
		4	Flexibilität im Aufstellungsort	✓			A	Modularisierung von:			1.6; 1.7; 2	D + H, (DOMO)
								1--Decke		✓		
								2--Fußboden		✓		
								3--Einhausung		✓		
		5	Intelligenz	✓			A	Spezifikation auf Waferebene vorausberechnen im:			1.6; 1.7; 2	ELMOS, (DOMO), IPA
								1--Stand-By-Betrieb (Equipment)	✓			
								2--Produktion	✓			
								3--Wartungszustand	✓			
							B	Monitoring der Reinheitsspezifikation und Qualifizierung, Empfehlung zur Normierung		✓	4	ELMOS
1.2	Reinheitsspezifikation	1	Überprüfung an drei Varianten / Applikationen	✓				An den Beispielen:			2; 3; 4	
							A	SMIF-Umrüstung der Fertigungs-geräte für M2-Prozeßab-schnitt(Sputter→Litho→Ätzen)		✓		A -- SMST
							B	Einhausungen von Developer/ Spinner + Inspektionssystemen, event. 1998 SMIF		✓		B -- ELMOS
							C	Nanospec 8000 ohne Smif, Enduro		✓		C -- THESYS
		2	Isolation mit Faktor > 3	✓			A	Einhausung der Produktumgebung:			2.1; 2.5; 3	A1 ACR, (DOMO), D+H
								1--während des Prozesses	✓			
								2--im Wartungsfall	✓			A2 THESYS, SMST, ELMOS,
		3	Nicht mehr als eine Reinheitsklasse Differenz zum Fertigungszustand									---- D+H
			1 bei Umbau		✓							
			2 bei Wartung und Service		✓							
			3 bei Equipmentausfall		✓							
		4	Minimales Volumen hoch-reiner Produktumgebung	✓			A	Volumenminimierte modulare Einhausung	✓		2, 3, 4	A -- ACR, (DOMO), D + H
		5	Fertigungsschritte									
			1 --- Bearbeitung	✓			A	Athmosphärisch	✓		2, 3	A,B--D + H, ACR (DOMO)
			2 --- Transport Inspektion	✓			B	Vakuum		✓		
			3 --- Lagerung	✓								

Anforderung: F...Forderung, O...Option, W...Wunsch
Varianen: F...Festgelegt, M...Möglichkeit

Seite 1 von 3

WP 1: Lasten-Pflichtheft
Stand: 02. September 1997

Lastenheft						Pflichtenheft				
Nr.	Topic	Last	F	O	W	Lösungsansatz	F	M	Rückwirkung	Verantw.
1.3	Substrate	1 Wafer 2 Reticles, Masken	✓ 	 ✓		A (= IRIS)	✓ 	 ✓		A -- ALLE
1.4	Fertigungsgerät	Für jegliche Art von Fertigungsanlage, z. B. 1 -- Einzelgerät 2 -- Verbund, Cluster 3 -- Linie, Summe von Geräten	 ✓ ✓ ✓			Modularisierung von: A Decke B Fußboden C Einhausung	 ✓ ✓ ✓			Anlagenherstell er fehlt, wird vertreten durch ELMOS, THESYS, SMST D+H, (DOMO)
1.5	Anwendungsfälle	1 Neue Fertigung 2 Neue Linie, best. Fertigung 3 Neues Gerät, alte Linie 4 Upgrade von 1. Oder 2.	✓ ✓ ✓ ✓			A Entscheidungskriterien für Umrüstung (SMIF) bereits eingesetzter Fertigungsgeräte 1 Neue Fertigung 2 Neue Linie, best. Fertigung 3 Neues Gerät, alte Linie 4 Upgrade von 1. Oder 2.	 ✓ ✓	 ✓ ✓ 		A1 THESYS A2 ELMOS A3 ELMOS A4 SMST, (ACR)
1.6	Wartung	1 Einfluß von IRIS auf das Fertigungsgerät 2 IRIS	✓ ✓			A Strategie zur: 1 Optimierung der MTTR 2 Optimierung der MTBF B Erfahrungen aus: 1 autom./manuelle Beladung vs. Integriertes SMIF-Handling 2 IdF-Konzepte 3 2nd sourcing für E-Teile	 ✓ ✓ 	 ✓ ✓ ✓	2.1, 3.1, 4.1	A -- THESYS, ELMOS, SMST B1 - ELMOS B2, B3 -- SMST
2	**REINRAUMTECHNIK**					ZUSTÄNDIGKEIT: **D + H**				
2.1	Luftaufbereitung 1 für die Fertigungs-umgebung 2 innerhalb der Einhausung	1 Flexible Bereitstellung von Luftmengen bestimmter Reinheit und Konditionierung	✓			A Planung von Reinraumsystemlösungen B Erarbeitung eines Decken-/ Plenumsystems für Zu- und Abluft mit höchstmöglicher Flexibilität und Adaptiermöglichkeit C Integration von Außenluftführung / Prozeßabluftsystemen in das Reinraumkonzept	✓ ✓ ✓			A, B, C ---- D + H
2.2	Luftführung 1 in der Fertigungs-umgebung 2 innerhalb der Einhausung	1 Optimierung der Strömungsverhältnisse und der Luftmengen 2 Berücksichtigung der Equipment- und Prozeßspezifikationen	✓ ✓			A Ermittlung und Optimierung der Luftgeschwindigkeiten in- und außerhalb der Minienvironments B Untersuchung von Strömungsbildern in- und außerhalb der Minienvironment C Ermittlung von Luftbilanzen und Strömungsbildern D Umsetzung mittels Komponenten von IRIS E Untersuchung der Wechselwirkungen Prozeß-MENV	✓ ✓ ✓ ✓ 	 ✓		A, B, C, D --- D + H E-- ELMOS (DOMO)
2.3	Begrenzungen 1 RR-Hülle 2 Einhausung des IRIS	1 Bereitstellung der Isolation bei geforderter Spezifikation 2 Umbauzeit 2 m² Footprint /h 3 Modularität	✓ ✓ ✓			A Geeignete, flexible Rasterung Baukastensystem B Lösungen applikationsabhängig verfügbar	✓ ✓			A, B: D + H, (DOMO)
2.4	Schnittstellen des IRIS 1 zur RR-Technik der Fertigungs-umgebung 2 zum Fertigungs-gerät 3 zur Produkt-übergabe	1 Universelle Dimensionierung und Anbindbarkeit 2 Standardisierbar 3 Garantie der Reinheitsspezifikationen in allen Betriebszuständen (eingeschränkt im Wartungsfall)	✓ ✓ ✓			A Für 2.4.1 und 2.4.2: 1 ---- Rastermaß 2 ---- Baukastensystem 3 ---- Applikationsabhängig B Für 2.4.3: 1 ---- manuell 2 ---- teilautomatisiert 3 ---- vollautomatisiert	 ✓ ✓ ✓ 	 ✓ ✓ ✓		A (2.4.1): D + H, (DOMO) A (2.4.2): ACR, D + H, (DOMO) B: ACR, (DOMO)

Anforderung: F...Forderung, O...Option, W...Wunsch
Varianten: F...Festgelegt, M...Möglichkeit

Seite 2 von 3

WP 1: Lasten-Pflichtheft
Stand: 02. September 1997

Lastenheft							Pflichtenheft				
Nr.	Topic	Last	F	O	W		Lösungsansatz	F	M	Rückwirkung	Verantw.
2.5	Wartung 1 RR-Hülle 2 Einhausung	1 RR-Wartungsintervall ≥ 1 Jahr 2 MENV-Wartungsintervall ≥ 1 Jahr 3 Zeit für Montge/ Demontage wartungsrelevanter Teile von MENV ≤ 10 min 4 "Punktuelle" Wartung (bei Plenum)	✓ ✓ ✓ ✓				A Sack-Technik bzw. geschlossener Vorhang B Neuer Lösungsansatz		✓ ✓		ELMOS, D + H
3	**LOGISTIK**						ZUSTÄNDIGKEIT: **ACR**				
3.1	Materialfluß 1 Produktübergabe 2 Transport 3 Lagerung	1 Sicher 2 Zuverlässig 3 Entsprechend der geforderten Reinheitsspezifikation 4 Flexibel adaptierbar 5 Standardisierbar	✓ ✓ ✓ ✓ ✓				A Los-Identifikationssystem Konzeptstudie für Hardware-/Software-Komponenten 1 Manuell 2 Teilautomatisiert 3 Vollautomatisiert		✓ ✓ ✓		A -- SMST, ELMOS, ACR, THESYS,
3.2	Informationsfluß 1 Produktübergabe 2 Transport 3 Lagerung	1 Losidentifikation sicherstellen 2 Sicher, zuverlässig 3 Standardisiert	✓ ✓ ✓				Integration in MCS (manufacturing control system) A Manuell B Teilautomatisiert C Vollautomatisiert		✓ ✓ ✓		A -- ELMOS, IPA, THESYS, SMST B, C --- ACR (DOMO), D+H
	4 Monitoring des Materialflusses; Auftragssteuerung	1 Soll/Ist-Vergleich		✓			D Standardschnittstelle		✓		D -- ACR, ELMOS, THESYS, SMST
4	**PLANUNGSWERKZEUGE**						ZUSTÄNDIGKEIT: **IPA**				
4.1	Kosten-Nutzen-Analyse	1 Definition und Festlegung der relevanten Parameter 2 Modellierung der Kosten von RHS gemäß 1.1.1A und B 3 Bewertung anhand bestehender und neuer Systeme 4 Kurzbeschreibung des Kostenmodells	✓ ✓ ✓			✓	A Aufschlüsselung in Investitions- und Betriebskosten	✓			IPA
4.2	Techno-Kit	1 Motivation von Anwendern und "Betroffenen"			✓		A Demonstration der Vorteile: 1----Modell 2----Virtual Reality 3----Modellbaukasten		✓		ALLE
4.3	Leitfaden für IRIS	1 Planungsmodell (Prozedur) für Auslegung und Vergleich von Reinheitssystemen	✓				A Anforderungsbogen B Erfahrungsbericht C Baukasten D Checkliste	✓ ✓	 ✓ ✓		ALLE

Anforderung: F...Forderung, O...Option, W...Wunsch
Varianten: F...Festgelegt, M...Möglichkeit

Seite 3 von 3

WP 1: Lasten-Pflichtheft
Stand: 02. September 1997

Ergebnisse des Arbeitspakets 2 "Reinraum"

Einhüllung: Im Rahmen der Evaluierung kostengünstiger, modul aufgebauter Systemlösungen für die Einhüllung reiner Zonen, wurden im Verbund alternative Strömungsführungskonzepte für bestehende Anlagen bei Thesys (Nanospec 8000 und Endura) und ELMOS (SVG Belacker) erstellt.

Luftführung: Bei der Erstellung alternativer Luftführungskonzepte mit dem Ziel höchste Isolationsgrade und Reinheitsanforderungen bei gleichzeitiger Kostenminimierung zu erreichen, arbeitete das FhG-IPA den Projektpartnern, insbesondere Daldrop + Dr.Ing. Huber zu. Die vorgestellten neuen Luftführungskonzepte wurden vom IPA auf deren Einsatzfähigkeit geprüft.

Elemente eines Reinheitssystems :

- Lüftungstechnische Anlage
- Einhausung
- Ein/Ausgabeschnittstellen (SMIF = Standard Mechanical InterFace)
- Automatisierungskomponenten (Lot Tracking)
- Reinheitsrelevante Gerätetechnik des Fertigungsschrittes

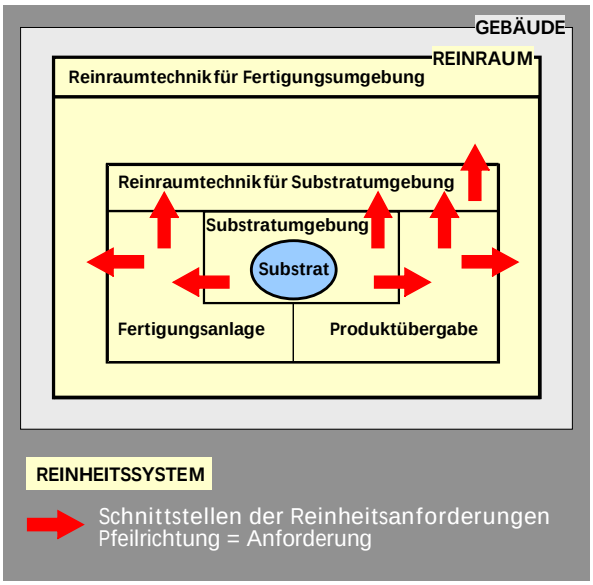


Abbildung XX: Definition eines Reinheitssystems

Ergebnisse des Arbeitspakets 3 " Geräteintegration"

Luftführung abhängig von Gerätetypen: Für die lufttechnische Abgrenzung von Fertigungsgeräten bei Elmos, Dortmund (Belacker <SVG>, Inspektionsgerät <Leitz>) wurden im Konsortium unterschiedliche Einhausungs- und Luftverteilungskonzepte entworfen und diskutiert.

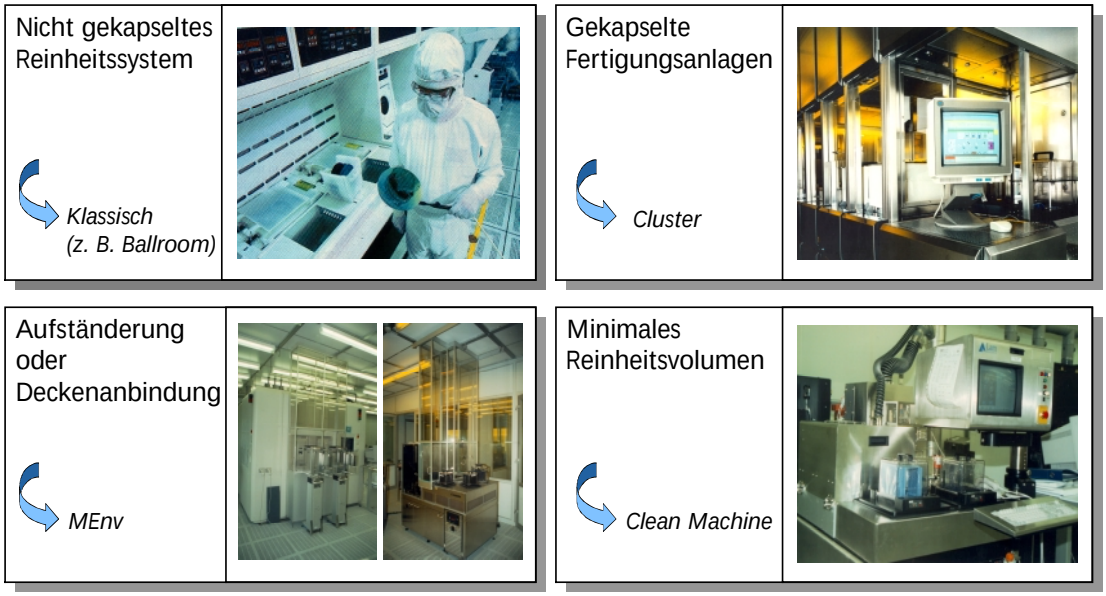


Abbildung XX: Varianten von Reinheitssystemen

Ergebnisse des Arbeitspakets 4 " Organisation"

In diesem, den Schwerpunkt des IPA-Vorhabens bildendem Arbeitspaket, wurde ein Kostenmodell auf Basis von Cost-Of-Ownership-Betrachtungen entwickelt, um die totalen Kosten (Investitions- und Betriebskosten) sowie die Laufzeitkosten zu berechnen, die zur Bereitstellung und Aufrechterhaltung einer "reinen Umgebung" in einer Halbleiterfertigung aufgebracht werden müssen.

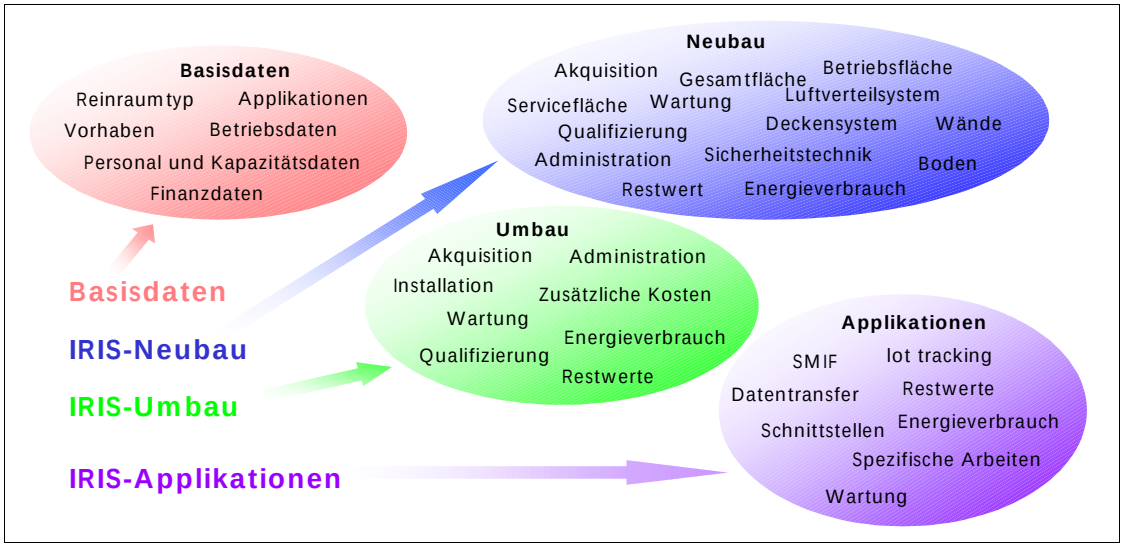


Abbildung XX: Anwendungen und Kostengruppen des Kostenmodells

Realisiert wurde dazu ein Softwaretool, dessen Architektur durch Analyse existierender Kostenbetrachtungen und unter Einbeziehung der spezifischen Zielvorstellungen aller Projektpartner entworfen wurde.

Quelle: SEMATECH	Kostenbetrachtung:	Technisch-wirtschaftlich
	Modellierung:	Fertigung
	Ausrichtung:	am Fertigungsablauf
	Ergebnis:	Waferherstellkosten
Quelle: SmartFab IRIS	Kostenbetrachtung:	Technisch-wirtschaftlich
	Modellierung:	Reinheitssystem
	Ausrichtung:	am Fertigungsschritt
	Ergebnis:	Reinheitskosten
Quelle: AT&T	Kostenbetrachtung:	Technisch-wirtschaftlich
	Modellierung:	Inspektionssystem
	Ausrichtung:	am Fertigungsablauf
	Ergebnis:	Fehlerkosten
Quelle: WWK	Kostenbetrachtung:	Technisch-wirtschaftlich
	Modellierung:	ESH - Einflüsse
	Ausrichtung:	am Fertigungsablauf
	Ergebnis:	ESH - Kosten

Abbildung XX: Anwendungen und Kostengruppen des Kostenmodells

Zur Valuierung von Varianten des Reinheitssystems mit Hilfe von Tabellen und Diagrammen wurde eine Paarvergleichsrechnung implementiert.

Durch zahlreiche Diskussionen des IPA bei den Projektpartnern wurden die Iris- relevanten Kostenstellen und Eingabegrößen erarbeitet und angepaßt. Auf Basis der Verbleibe des Treffens vom 14. Mai 1998 wurde das Kostenmodell zu einer ersten lauffähigen Version weiterentwickelt, mit dem durch bereits umgesetzte Reinheitskonzepte angefallenem Datenmaterial stückweise getestet und den Projektpartnern in Meetings vorgestellt

Die Potentiale Kostenmodells für Planer, Hersteller und Betreiber von intelligenten Reinheitssystemen sind:

- Vergleich der Wirtschaftlichkeit alternativer Konzepte von Reinheitssystemen durch Cost-of-Ownership Betrachtungen.
- Darstellung/Überblick der zu erwartenden Investitions- und Betriebskosten von Reinheitssystemen bereits in einem frühen Planungsstadium.
- Schneller und exakter Vergleich erhaltener Angebote sowie präzise Erstellung von Angeboten in fortgeschrittenem Planungsstadium.

- Die spezifischen Reinheitskosten können unmittelbar dem Wertschöpfungsprozeß eines Produktes zugeordnet werden.
- Eine generelle Bewertung der Kosten von Reinräumen und deren Applikationen.
- Die Entscheidungsfindung bezüglich des Produktes/Projektes verliert maßgeblich an Emotionalität
- Cost-of-Ownership Betrachtungen bringen den Anwender/Kunden dazu über die reinen Investitionskosten hinauszusehen.

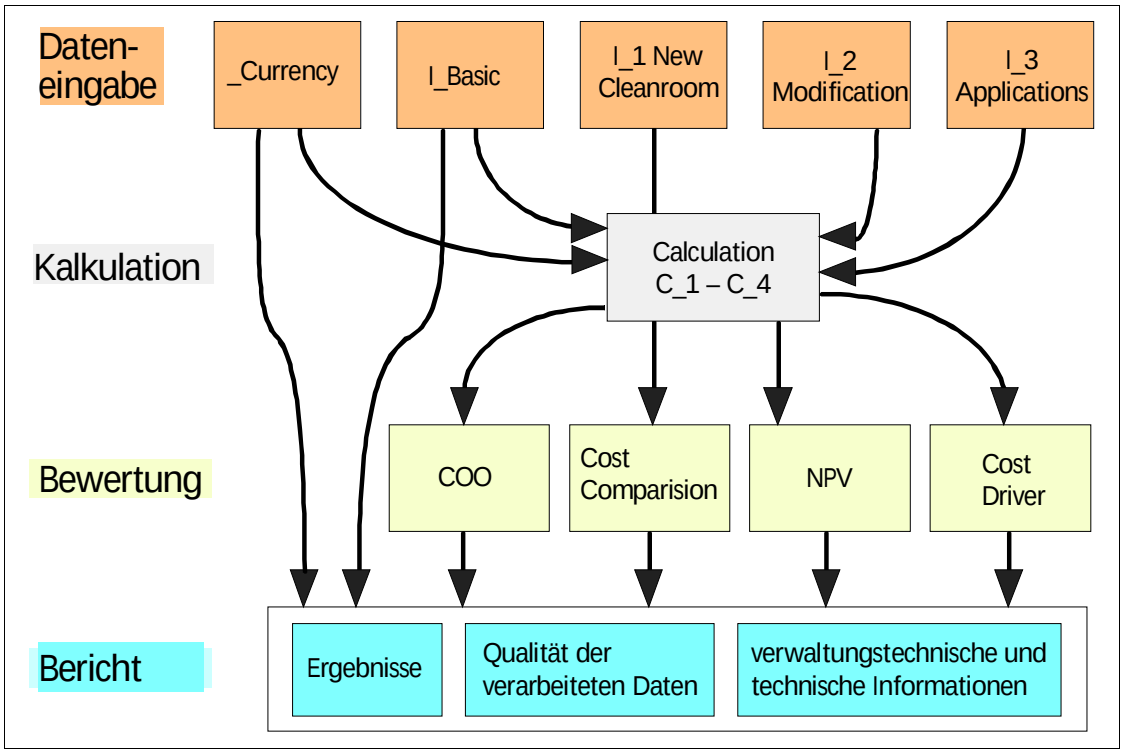


Abbildung XX: Module und Datenfluß des Kostenmodells

Durch mehrere Testphasen mit Unterstützung der Projektpartnern gelang es, ein komplexes, hochflexibles Werkzeug zu erstellen, das die Beurteilung der Kosteneffizienz alternativer Reinheitssysteme zuläßt. Auf dem Treffen am 05. November 1998 wurde die erste Beta-Version des Kostenmodells vorgestellt und in elektronischer Form an die Projektpartner verteilt.

Ergebnisse des Arbeitspakets 5 "Integration"

Für alle Arbeitspakete wurden mehrere Zusammenfassungen und Bewertungen erarbeitet. Ergebnisse und Konzeptstudien liegen allen Projektpartnern vor.

5 Anhang

Anhang 1 WP4.2 Dokumentation Kostenmodell

Anhang: Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG 4

1.1 Problemstellung 4

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise 5

1.3 Zusammenfassung 6

2 STAND DER TECHNIK 7

2.1 Begriffe und Definitionen 7
2.1.1 Reinheitssystem 7
2.1.2 Minienvironment (MEnv) 8
2.1.3 Standard Mechanical Interface (SMIF) 8
2.1.4 Lot Tracking 8
2.1.5 Cost-of-Ownership 8

2.2 Analyse von Kostenmodellen aus dem Bereich der Halbleiterfertigungstechnik 9
2.2.1 SEMATECH-Kostenmodell 9
2.2.2 Sonstige Kostenmodelle 13

3 ENTWICKLUNGSSCHWERPUNKTE 15

4 AUFBAU DES KOSTENMODELLS 18

4.1 Struktur 18
4.1.1 Generelle Arbeitsweise 18
4.1.2 Module 19

4.2 Prozeduren/ Abläufe 22
4.2.1 Prinzipieller Datenfluß der COO-Rechnung 22
4.2.2 Modul Dateneingabe 23
4.2.3 Modul Kostenmodellierung 25

5 INHALT DER ARBEITSBLÄTTER 27

5.1 Eingabeblätter 27
5.1.1 _Currency 27
5.1.2 I_Basic 29
5.1.3 I_1 „New Cleanroom“ 31
5.1.4 I_2 „Modification“ 33
5.1.5 I_3 „Applications“ 35

5.2 Kalkulationsblätter 38
5.2.1 C_1_sy „Calculation Survey“ 38
5.2.2 C_2_fc „Fixed Costs“ 38
5.2.3 C_3_rc „Recurring Costs“ 39
5.2.4 C_4_tdc „Total Depreciable Costs“ 40

5.3 Ergebnisblätter 42
5.3.1 O_5 „COO“ 42

5.3.2 O_6_CC „Cost Comparison“ 44
5.3.3 O_7_NPV „Net Present Value“ 47
5.3.4 O_1_D1 48
5.3.5 O_1_D2 49
5.3.6 O1_D1+2 49
5.3.7 Cost Driver 50
5.3.8 Survey of Szenario 51
5.3.9 Survey of Default 51

6 BENUTZERFÜHRUNG **52**

7 VERIFIZIERUNG ANHAND VON BEISPIELEN **53**

7.1 Beispiel 1: Einhausen eines Fertigungsgerätes **53**

7.2 Beispiel 2: Neubau eines Reinheitssystems **60**

7.3 Beispiel 3: Lokaler Umbau eines Reinraumes **70**

8 REFERENZEN/QUELLEN **77**

Verzeichnis der Abbildungen

Bild 1.1:	Vorgehensweise zur Analyse vorhandener Kostenmodelle	5
Bild 2.1:	Reinheitssystem	7
Bild 2.2:	Verfügbarkeit von Fertigungsgeräten	10
Bild 2.3:	Datenfluß	12
Bild 2.4:	Aufwand zur Eingabedatenermittlung	13
Bild 4.1:	Schematischer Aufbau und Verflechtung der Bearbeitungsblätter	19
Bild 4.2	Prinzipieller Datenfluß	22
Bild 4.3	Eingabereihenfolge	23
Bild 4.4	Datenfluß	24
Bild 4.5	Rechenblatt „Überblick“	25
Bild 4.6	Datenfluß in den Rechenblättern C_2-C_4	26
Bild 5.1	Eingabe der Währung	28
Bild 5.2	Eingabe allgemeiner Daten	29
Bild 5.3	Eingabeblatt I_1 New Cleanroom	31
Bild 5.4	Eingabeblatt I_2 Modification	33
Bild 5.5	Eingabeblatt I_3 Applications	35
Bild 5.6	Datentransfer	36
Bild 5.7	Arbeitsblatt C_1_sy Calculation Survey	38
Bild 5.8	Arbeitsblatt C_2_fc Fixed Costs	39
Bild 5.9	Arbeitsblatt C_3_rc Recurring Costs	39
Bild 5.10	Arbeitsblatt C_4_tdc Total Depreciable Costs	41
Bild 5.11	Zehn-Jahres-Übersicht	42
Bild 5.12	Cost Comparison	44
Bild 5.13	Total Cost Change per Year Differential	45
Bild 5.14	Cost Development Over Time (differential)	45
Bild 5.15	Break Even (cumulative)	46
Bild 5.16	Total Cost Change per Year Cumulative	46
Bild 5.17	Ergebnisblatt Nettobarwert einer Investition	47
Bild 5.18	Gegenüberstellung der Kosten aus C_1 für IRIS1	48
Bild 5.19	Gegenüberstellung der Kosten aus C_1 für IRIS2	49
Bild 5.20	Gegenüberstellung der Kosten aus C_1 für IRIS1+2	49
Bild 5.21	Arbeitsblatt Cost Driver	50
Bild 5.22	Survey of Szenario	51
Bild 5.23	Survea of Default	51

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 2.1:	Gegenüberstellung der analysierten Kostenmodelle	14
Tabelle 4.1:	Rangliste der Eingabedaten	20
Tabelle 4.2:	Hauptkategorien der Eingabedaten	20
Tabelle 4.3:	Kalkulationsmodule des Kostenmodells	21
Tabelle 4.4:	Aufbau des Bewertungsmoduls	21

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Zur Erhaltung und Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der mikroelektronischen Bauelementeindustrie und deren Ausrüster gilt es, die Produktionskosten bei gleichzeitiger Erhöhung der Flexibilität drastisch zu senken. Die zur Zeit zur Verfügung stehenden Reinraumkonzepte erfordern hohe Betriebs- und Investitionskosten und sind untereinander so gut wie nicht kompatibel. Zudem ist die Anpassungsfähigkeit bestehender Reinheitssysteme bezüglich zunehmender Reinheitsanforderungen und notwendiger Automatisierung unzureichend. Die in einer Reinstfertigung anfallenden Reinheitskosten sind für die Subsysteme an Fertigungseinzelschritten oder -clustern nur unzureichend mit den üblichen Wirtschaftlichkeits-betrachtungen abbildbar. Dies wirkt sich insbesondere aus auf den wirtschaftlichen Vergleich technischer Alternativen bei Erstellung oder Modifikation solcher nachfolgend erläuterter "Reinheitssysteme".
Die Entwicklung eines schlanken, flexiblen und zuverlässigen Kostenmodells erfolgte dabei Hand in Hand mit einer technischen Modellierung bzw. Definition des Reinheitssystems.

Typische Anwender finden sich in den Branchen

- Mikroelektronische Bauelemente
- Mikromechanische Bauelemente
- Pharmazeutische Produkte
- Medizintechnik
- Lebensmittel

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Ziel von WP 4.2 ist es, ein universell einsetzbares Kostenmodell für intelligente Reinheitssysteme (IRIS) zu entwickeln.
Zur Entwicklung des Kostenmodells werden existierende Modelle hinsichtlich Struktur und Inhalt analysiert, und die Anforderungen an das zu entwickelnde Kostenmodell für intelligente Reinheitssysteme aus dieser Analyse abgeleitet. Die Anwendbarkeit des Kostenmodells und die Verwertbarkeit der von ihm gelieferten Ergebnisse wird anhand von Praxisbeispielen erprobt. Für die Entwicklung des Kostenmodell für intelligente Reinheitssysteme wird die in Bild 1.1 dargestellte Vorgehensweise gewählt.

Analyse vorhandener Kostenmodelle (Literaturrecherche)
=> Anforderungen an ein Kostenmodell für intelligente Reinheitssysteme
=> Entwicklung des Kostenmodell
=> Anwendbarkeit, Umsetzung, Verifizierung

Bild 1.1: Vorgehensweise zur Analyse vorhandener Kostenmodelle

1.3 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projektes wurde ein Cost-Of-Ownership-Modell entwickelt um die totalen Kosten (Investitions- und Betriebskosten) zu berechnen, die zur Bereitstellung und Aufrechterhaltung einer "reinen Umgebung" in einer Halbleiterfertigung aufgebracht werden müssen. Die Potentiale Kostenmodells für Planer, Hersteller und Betreiber von intelligenten Reinheitssystemen sind:

- Vergleich der Wirtschaftlichkeit alternativer Konzepte von Reinheitssystemen durch Cost-of-Ownership Betrachtungen.
- Darstellung/Überblick der zu erwartenden Investitions- und Betriebskosten von Reinheitssystemen bereits in einem frühen Planungsstadium.
- Schneller und exakter Vergleich erhaltener Angebote sowie präzise Erstellung von Angeboten in fortgeschrittenem Planungsstadium.
- Die spezifischen Reinheitskosten können unmittelbar dem Wertschöpfungsprozeß eines Produktes zugeordnet werden.
- Eine generelle Bewertung der Kosten von Reinräumen und deren Applikationen.
- Die Entscheidungsfindung bezüglich des Produktes/Projektes verliert maßgeblich an Emotionalität
- Cost-of-Ownership Betrachtungen bringen den Anwender/Kunden dazu über die reinen Investitionskosten hinauszusehen.

2 Stand der Technik

2.1 Begriffe und Definitionen

2.1.1 Reinheitssystem

Das abgestimmte Zusammenführen aller reinheitsrelevanten Komponenten und deren Schnittstellen zu einer Systemeinheit für einen Produktionsschritt wird als Reinheitssystem bezeichnet Das in Bild2.1 dargestellte Reinheitssystem stellt die prozeß- und produkt-spezifischen Reinheitsanforderungen hinsichtlich luftgetragener Partikelverunreinigungen in der Produktumgebung für einen bestimmten Produktionsschritt her und gewährleistet die Einhaltung der geforderten Spezifikationen.

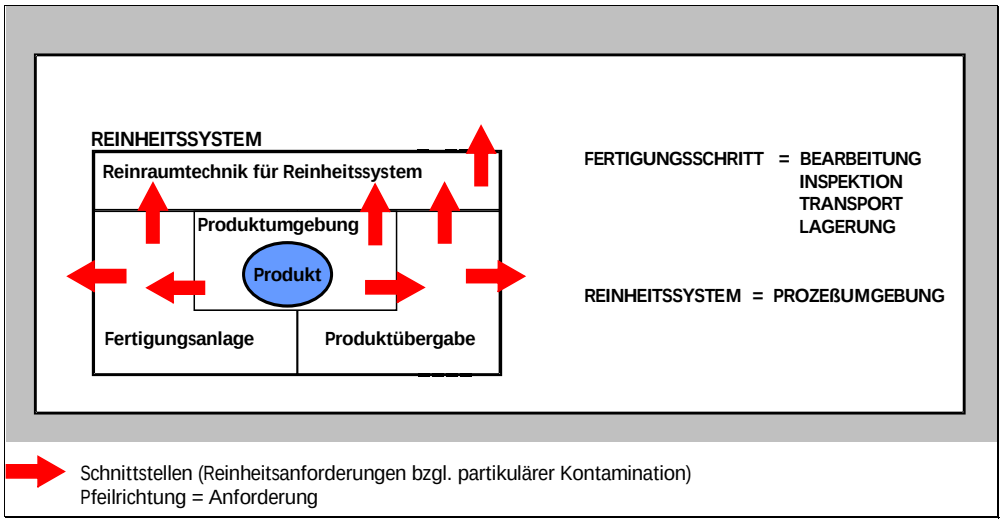


Bild 2.1: Reinheitssystem

Das in Bild 1.1 dargestellte Reinheitssystem besteht aus den Elementen:

- Lüftungstechnische Anlage
- Einhausung
- Ein/Ausgabe-Schnittstellen (SMIF)
- Fertigungssteuerungskonzepte (Lot Tracking)
- Reinheitsrelevante Gerätetechnik des Fertigungsschrittes

2.1.2 Minienvironment (MEnv)

Lokale Abgrenzung eines reinen Bereiches im Reinraum mit eigener Luftversorgung

2.1.3 Standard Mechanical Interface (SMIF)

Der SEMI Standard E 19 definiert die mechanische Schnittstelle „SMIF“ zwischen den Fertigungsgeräten und –anlagen und einem speziellen geschlossenen Transporthilfsmittel. Mit Hilfe dieser Schnittstelle ist es möglich, die automatisierte, reproduzierbare Übergabe eines offenen Werkstückträgers (Carrier) zwischen Geräten/Anlagen und geschlossenen Transportbehälter mit einem standardisierten Öffnungsmechanismus durchzuführen. Mechanik und Dimension der Schnittstelle ändern sich in Abhängigkeit mit dem Durchmesser.

2.1.4 Lot Tracking

„Lot Tracking“ oder Losverfolgung ist das gezielte Ermitteln von Position und Bearbeitungsstatus eines Loses von Produkten innerhalb des Fertigungsablaufes.

2.1.5 Cost-of-Ownership

„Cost-of-Ownership“ ist die Analyse aller Kosten die mit dem Erwerb, der Nutzung und Wartung einer Ware oder Dienstleistung verbunden sind. „Cost-of-Ownership“ ist ein Werkzeug, das es einer Firma erlaubt mehrjährige Wirtschaftlichkeitsanalysen durchzuführen.

2.2 Analyse von Kostenmodellen aus dem Bereich der Halbleiterfertigungstechnik

2.2.1 SEMATECH-Kostenmodell

Die SEMATECH hat eine Standardkalkulationsmethode entwickelt, um die Kosten für die Anschaffung und den Betrieb eines Fertigungsgerätes für einen speziellen Halbleiterfertigungprozeß berechnen zu können.

2.2.1.1 Cost of Ownership Algorithmus

Die „Cost of Ownership" - Modellierung kann in vier Hauptkategorien unterteilt werden:

- Fixe Kosten (C_F = Fixed Costs)
- Laufende Kosten (C_R = Recurring Costs)
- Verfügbarkeit (U = Utilization)
- Ertrag (C_Y = Yield Costs)

Die Cost of Ownership ergibt sich durch Kombination dieser Faktoren die für das zu analysierende Fertigungsgerät, und zwar in Währungseinheit pro Wafer. Ihr Zusammenhang wird in der folgenden Formel dargestellt.

$$COO_w = \frac{C_F + C_R + C_Y}{TRT x Y_{TRT} x U}$$

TRT = Durchsatz
Y_{TRT}= Durchsatzrate

- Die fixen Kosten CF setzen sich zusammen aus der Abschreibung, den Qualifizierungs- und Installationskosten, den Kosten für Training und Geräteneupositionierung und den Kosten für die notwendige Stellfläche im Reinraum (nach SEMI Standard E 35).

- Die laufenden Kosten CR sind unterteilt in Kosten für Material, Verbrauch (z.B. Chemikalien), Wartung, Arbeitszeit, Abfall, Reparatur (intern/extern)
- Die Ertragskosten CY, eigentlich Ausschußkosten, erfassen die Kosten, die durch den Verlust von Wafern oder nutzbarer Waferoberfläche zusammenhängen. Man unterscheidet Ertragskosten von „Front End"- und „Back End" -Prozessen, bzw.

Prozeß- und Meßgeräte. Die Ertragskosten errechnen sich nach folgenden Formeln:

- „Front End"-Prozeßgerät

$C_Y = W_y \times P\$ + W_d \times T\$ + W_p \times T\$$

- „Front End"-Meßgerät

$C_Y = W_b \times P\$ + W_d \times T\$ + W_{\square} \times P\$ + W_{\square} \times \square\$$

- „Back End"-Prozeßgerät

$C_Y = W_b \times P\$$

- „Back End"-Meßgerät

$C_Y = W_b \times P\$ + W_{\square} \times P\$ + W_{\square} \times \square\$$

W_y =Verlust durch Waferbruch und Fehlprozessierung
W_b = Verlust durch Waferbruch
P$ = Wert des Wafer vor diesem Prozeßschritt
W_d = Anzahl von defekten Gebieten auf dem Wafer durch Fehler, Partikel, etc. umgerechnet in Wafer
T$ = Wert des Wafer nach diesem Prozeßschritt
W_p = Verlust von Wafern die nicht innerhalb der Prozeßtoleranz liegen

- Die Verfügbarkeit (Production Time) beschreibt den Anteil der Stunden (von der gesamten Stundenzahl in der die Fabrik in Betrieb ist), in der die Anlage verfügbar ist um Wafer für die Produktion zu prozessieren (dargestellt in Bild 2.2)

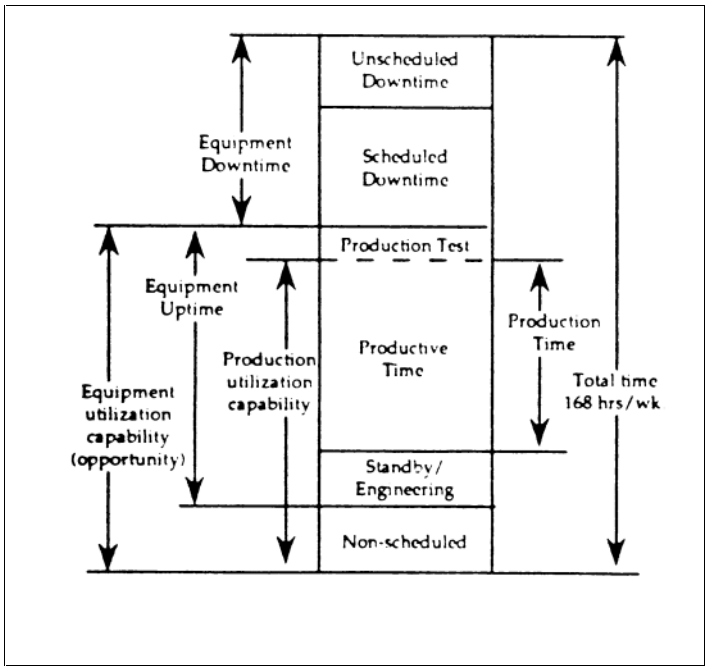


Bild 2.2: Verfügbarkeit von Fertigungsgeräten (Quelle: SEMI E10-90)

Die Verfügbarkeit errechnet sich nach folgender Formel:

$$U = 1 - \frac{SM + USM + Q + SE + A}{H}$$

SM = geplante Wartung (Scheduled Downtime)

USM = nicht geplante Wartung (Unscheduled Downtime)

Q = Qualifizierungszeit (Production Test)

SE = Standby und Engineering

A = sonstige nicht geplante Zeit

H = absolute geplante Stundenzahl pro Woche (Total Time)

2.2.1.2 COO-Software

Die dem SEMATECH-Kostenmodell zugrundeliegende Software ist ein Tabellenkalkulationsprogramm.
Die zur COO-Berechnung notwendigen Daten werden für eine Anlage in „INPUT SHEETS“ eingegeben und nach dem in Bild 2.3 dargestelltem Schema miteinander verarbeitet. Das heißt, der direkte Vergleich von zwei Anlagen unterschiedlicher Hersteller ist nicht ohne weiteres möglich. Für den direkten Vergleich von zwei oder mehreren Anlagen müssen entsprechend viele zusätzliche Spalten in die Tabellenblätter eingefügt, und mit den dazugehörenden Zellbezügen versehen werden.

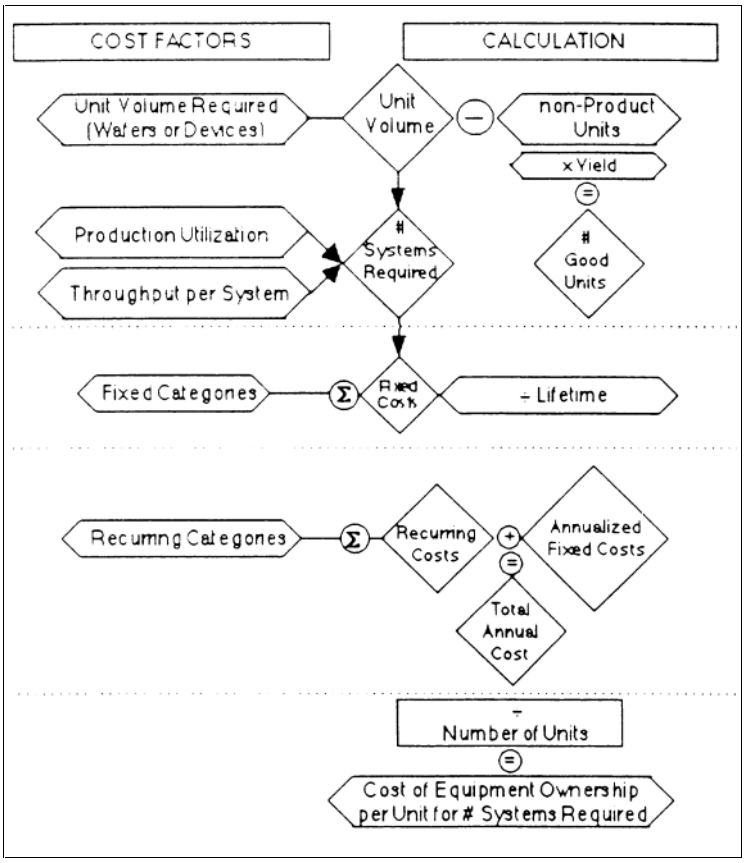


Bild 2.3: Datenfluß
(Quelle: SEMI E 35-95A)

Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgt in einem „OUTPUT SHEET“
Die Ergebnisse sind unterteilt in:

- Produktionskosten
- Ausrüstungskosten
- Personalkosten

Zusätzlich sind die drei Hauptkostentreiber separat aufgelistet.
Alle Ergebnisse sind absolut und relativ (in $/Wafer) angegeben.
Es findet keine graphische Darstellung der Kosten über Abschreibungszeitraum, Lebensdauer, etc. statt.

2.2.1.3 Probleme und Gefahren bei der COO-Berechnung

Die Ermittlung der notwendigen Daten für die COO-Berechnung ist sehr aufwendig (siehe Bild 2.4).

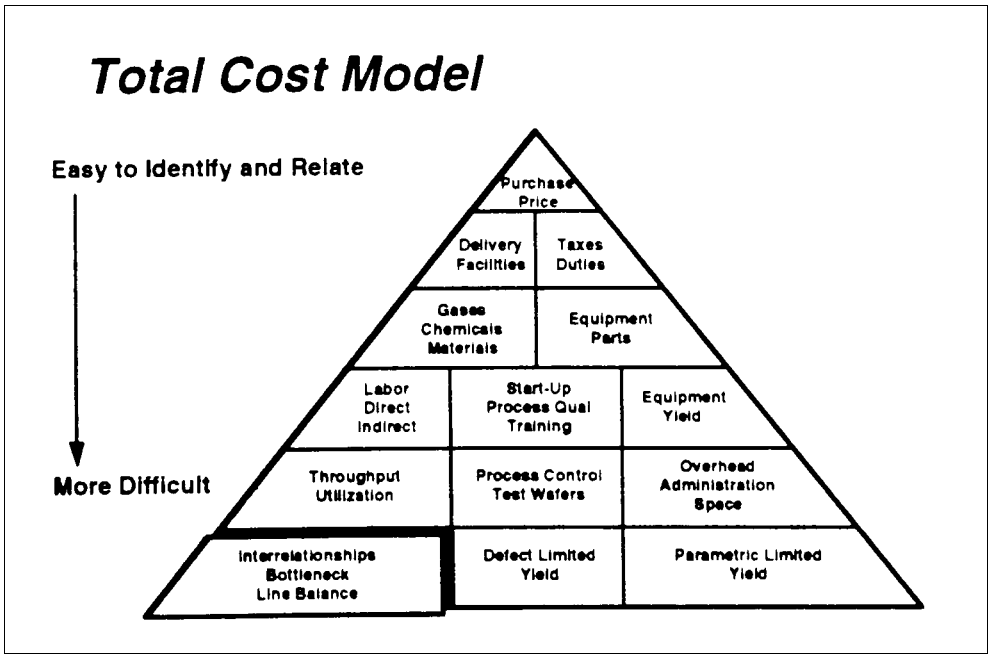


Bild 2.4: Aufwand zur Eingabedatenermittlung
(Quelle: Wright, Williams & Kelly)

Da der Anwender meistens nicht alle benötigten Werte zur Verfügung hat, wird er zwangsläufig an einigen Stellen Schätzwerte eingeben. Die Qualität der Ergebnisse ist aber abhängig von der Qualität der eingegebenen Daten. Das heißt, wird anstatt eines belegten Wertes ein geschätzter Wert eingegeben, so muß das Ergebnis mit Vorsicht interpretiert werden.
Eine getrennte Auflistung der geschätzten Werte ist nicht vorgesehen. Macht der Anwender an einer Stelle keine Eingabe, so kann das COO-Modell kein Ergebnis errechnen.
Ein „Defaultwerte"-Satz ist nicht vorgesehen.

2.2.2 Sonstige Kostenmodelle

Die Kostenmodelle wurden nach folgenden Kriterien analysiert:

- Anlage/ Prozeß

Welche Anlagen wurden modelliert?

- Anzahl der Vergleichsmöglichkeiten

Wieviele Anlagen können miteinander verglichen werden?

- Kosten relativ
- Art der Kosten

Kosten pro Wafer, Chip, m² Reinraumfläche, ...

- Kosten absolut
- Graphische Darstellung der Kosten/Jahr über einen best.

Zeitraum z.B. Abschreibungs- oder Lebensdauer

- Return Of Investment
  Es wird der Zeitraum berechnet nach dem sich die Investition amortisiert hat?

Die untersuchten Kostenmodelle sind in Tabelle 2.1 Aufgelistet.

Tabelle 2.1: Gegenüberstellung der analysierten Kostenmodelle

Anwender	Megatest Corporation	Ultratech Stepper	LAM/SEMATECH	Motorola	AT&T	Tegal	ESEC SA
Anlage/ Prozeß	Tester	Stepper	CVD	?	Metro-logy	Metal Etch System	Assem-bly
Anzahl der Vergleichs-möglichkeiten	2	2	2	2	2	1	4
Darstellung von Zwischener-gebnissen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Kosten relativ	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Art der Kosten	Pro Wafer	Pro Wafer	Pro Wafer	-	Pro Wafer	Pro Wafer	Pro Chip
Kosten absolut	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Graph. Darst. der Kosten/ Jahr über einen best. Zeitraum	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Return Of Investment	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja

3 Entwicklungsschwerpunkte

Die Analyse der Literaturrecherche hat ergeben, daß es noch keine Kostenmodellierung für Reinheitssysteme gibt. Die in den Kostenmodellen verwendeten Kosten für den Quadratmeter benötigte Reinraumfläche sind entweder Durchschnittspreisangaben von Reinraumherstellern oder selbst ermittelte Kosten die auf eigenen Erfahrungen basieren, wobei die Betriebskosten der Reinräume nicht berücksichtigt werden.
Die folgenden Industriezweige benötigen die COO-Rechnung für intelligente Reinheitssysteme zur Ermittlung der Kosten bestehender Reinheitssysteme, bzw. zur Planung von Um- und Neubau von Reinheitssystemen:

- Hersteller von Reinräumen und Minienvironments
- Sämtliche Industriezweige die unter reinen Bedingungen produzieren
- Hersteller von Fertigungsgeräten die unter reinen Bedingungen betrieben werden

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurden folgende Entwicklungsschwerpunkte festgelegt:

- Universelle Anwendbarkeit auf alle Reinheitssysteme
- Modularer Aufbau (erweiterbar)
- Vergleich von mindestens zwei Reinheitssystemen
- Defaultwerte-Satz
  Das Kostenmodell muß auch bei unvollständigen Datensatz Ergebnisse liefern können. Hierfür ist ein komplette Satz von Defaultwerten notwendig
- Um die Eingabedaten an jeder Stelle variieren zu können ist ein Szenario- oder Spielwert vorgesehen
- Datenfilter
  Zur Interpretation der Ergebnisse muß der Anwender wissen an welchen Stellen er nicht belegte Daten – Spiel- oder Schätz(Default)werte - verwendet hat.

- Gewinn/Verlustrechnung
  Da die Kostenbetrachtung von IRIS unabhängig vom Prozeß durchgeführt wird und somit keine Korrelation zu den Produktherstellungskosten besteht, kann keine Gewinn/ Verlustrechnung durchgeführt werden. (z.B. Return of Investment)
- Dafür wird der NPV berücksichtigt
  Der NPV liefert den Nettobarwert (Kapitalwert) einer Investition auf Basis eines Abzinsungsfaktors für eine Reihe periodischer Zahlungen. Der Nettobarwert einer Investition ist der gegenwärtige Wert einer Reihe zukünftiger Auszahlungen (negative Werte) und Einzahlungen (positive Werte).
- Ergebnisse müssen in anderen Kostenmodellen weiterverwendet werden können.
  Die errechneten Reinheitskosten können die "Floorspace Costs" in anderen Modellen ersetzen
- Komplexität⇔Anwenderfreundlichkeit
  Die Anwendung der analysierten Kostenmodelle erfordert eine relative lange Einarbeitungszeit des Benutzers. Aus diesem Grund ist eine Eingabemasken-gesteuerte Benutzerführung vorgesehen.

Stellt man die Entwicklungsschwerpunkte des Kostenmodells für intelligente Reinheitssysteme den zuvor untersuchten Kostenmodellen gegenüber, so erhält man die in Tabelle 3.1 dargestellten Ergebnisse

Anwender	Megatest Corporation	Ultratech Stepper	LAM/SEMATECH	Motorola	AT&T	Tegal	ESEC SA	IRIS
Modularer Aufbau	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Vergleich von mindestens 2 Systemen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
Schätzwerte	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Schätzwerte-übersicht	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Defaultwerte	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Defaultwerte-	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja

übersicht								
Nettobarwert NPV	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Benutzer-führung	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Weiterver-wendbarkeit der Ergebnisse	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja

Tabelle 3.1

4 Aufbau des Kostenmodells

4.1 Struktur

4.1.1 Generelle Arbeitsweise

Basis des Kostenmodells ist eine Excel97-Arbeitsmappe mit Funktionen, Makros und Dialogen.
Die Struktur des Kostenmodells ist derart gestaltet, daß für zwei verschiedene Equipment-Varianten Daten eingegeben werden können.
Die Dateneingabe erfolgt über eine Eingabemasken-gesteuerte Benutzerführung (Dialoge), wobei die Daten direkt in die Eingabeblätter der darunter liegenden Excel-Arbeitsmappe übertragen werden.
Durch die Kurzbeschreibungen der Positionen in den Eingabemasken ist eine weitestgehend selbsterklärende Benutzerführung gewährleistet.
Das Kostenmodell ist dynamisch, d.h. die unterschiedlichsten Konstellationen können durchgespielt und bewertet werden. Eine Kostenbetrachtung innerhalb einer Arbeitsmappe kann dabei immer nur für ein (Vergleichs-)Paar von Reinheitssystemen erfolgen.

- ⇨ Der Vergleich mehrerer Alternativen ist auf entsprechend viele Arbeitsmappen zu verteilen.
- ⇨ Sollen unterschiedliche Konzepte lokaler Reinräume (Minienvironments) innerhalb eines gemeinsamen Reinraumes miteinander verglichen werden, so müssen die Kostenbetrachtungen für Reinraum und Minienvironments getrennt erfolgen.

Nach Wahl der Währung und Eingabe der den Komponenten zugrunde liegenden technischen Daten, der wirtschaftlichen und technischen Randbedingungen der Fertigung sowie der finanziellen Basis werden in typische und gebräuchliche Wirtschaftlichkeitskennzahlen errechnet.
Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt sowohl für jede Reinheitssystem-variante als auch für die Paarvergleiche anhand von Tabellen und Grafiken. So können zum Beispiel durch Kostenvergleichsmethoden die kostengünstigsten Varianten ermittelt werden.

4.1.2 Module

Das Kostenmodell besteht aus folgenden vier Modulen:

1 Dateneingabe
2 Kalkulation
3 Bewertung
4 Bericht

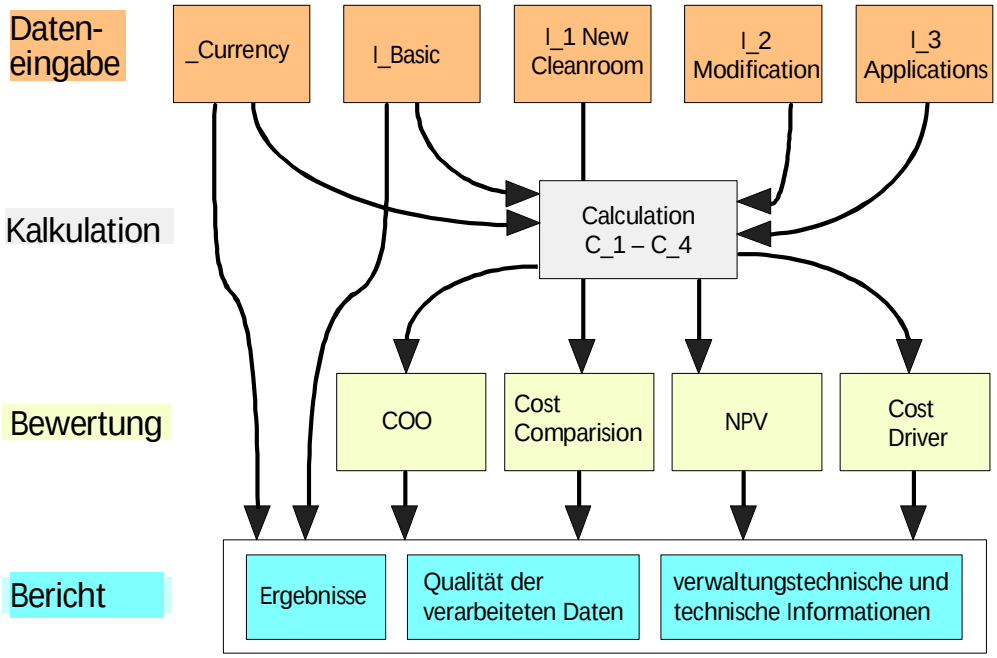


Bild 4.1: Schematischer Aufbau und Verflechtung der Bearbeitungsblätter

4.1.2.1 Datenfilter

Um eine hohe Anwendungsflexibilität zu erreichen, beispielsweise durch Simulation der Auswirkung durch Änderung der Werte einzelner Kostenstellen im Eingabemodul bzw. Zwischenergebnissen im Kalkulationsmodul, ist der Eingabebereich in die zwei Sektoren >Input< und >Output< unterteilt.
Die Dateneingabe erfolgt dabei in den Input-Bereich, von dem sie nach den nachfolgend beschriebenen Prioritäten in den Output-Bereich übernommen und von dort an das Kalkulationsmodul übergeben werden.

Tabelle 4.1: Rangliste der Eingabedaten

Prio 1	*manual input* vom Anwender belegte Daten
Prio 2	*szenario value* Spielwerte, mit denen der Anwender experimentieren kann
Prio 3	*default value* vorgegebene Werte für den Fall, daß der Anwender an der entsprechenden Stelle keine Werte zur Verfügung hat, das Kostenmodell aber um rechnen zu können einen Wert benötigt. Diese Werte sind von den Projektpartnern ermittelt worden und beziehen sich auf Reinräume von 1000 m² Größe bei I_1 und 10.000 m² bei I_3 Lot Tracking bzw. auf konkrete Beispiele von Minienvironments und VerSMIFungen

4.1.2.2 Aufbau und Inhalt der Module

Das Eingabemodul umfaßt eine anwendungsorientierte Abfolge kostenrelevanter Positionen (Kostenstellen), die hinsichtlich Struktur und Inhalt aus der technischen Definition des Reinheitssystems entwickelt wurden. Die Kostenstellen sind in fünf Kategorien unterteilt, denen ein jeweils eigenes Blatt der Arbeitsmappe zugewiesen ist.

Tabelle 4.2: Hauptkategorien der Eingabedaten

„_Currency“
„I_Basic“
„I_1 New Cleanroom“
„I_2 Modification“
„I_3 Applications“

Im Kalkulationsmodul werden die bereits im Eingabemodul gefilterten Daten innerhalb der vier installierten Kategorien verknüpft. In den Kategorien C_2 bis C_4 werden Zwischen- und Endergebnisse ermittelt, wobei die Endergebnisse an das Blatt C_1 übergeben werden.

Tabelle 4.3: Kalkulationsmodule des Kostenmodells

„C_1 Calculation Survey“
„C_2 Fixed Costs“
„C_3 Recurring Costs“
„C_4 Total Depreciable Costs“

Das Bewertungsmodul ist in die zwei Gruppen >Ergebnisse< und >Übersichten< unterteilt. Den Ergebnissen sind darin sieben Kategorien, den Übersichten zwei Kategorien zugewiesen.

Tabelle 4.4: Aufbau des Bewertungsmoduls

Ergebnisse	
O_5_COO	coo cost development within 10 years
O_6_CC	cost comparison
O_7_NPV	NPV net present value
O_1_D1	comparison of arising Cost IRIS1
O_1_D2	comparison of arising Cost IRIS2
O_1_D1+2	comparison of arising Cost IRIS1+2
O_2_CD	cost driver
Übersichten	
Survey of Defaults	
Survey of Szenario	

4.2 Prozeduren/ Abläufe

4.2.1 Prinzipieller Datenfluß der COO-Rechnung

Prinzipiell fließen die Daten von den Eingabeblättern über die Rechenblätter zu den Ergebnisblättern.
Ausnahme ist "_Currency". Von hier wird die Währung für alle Blätter festgelegt oder geändert.

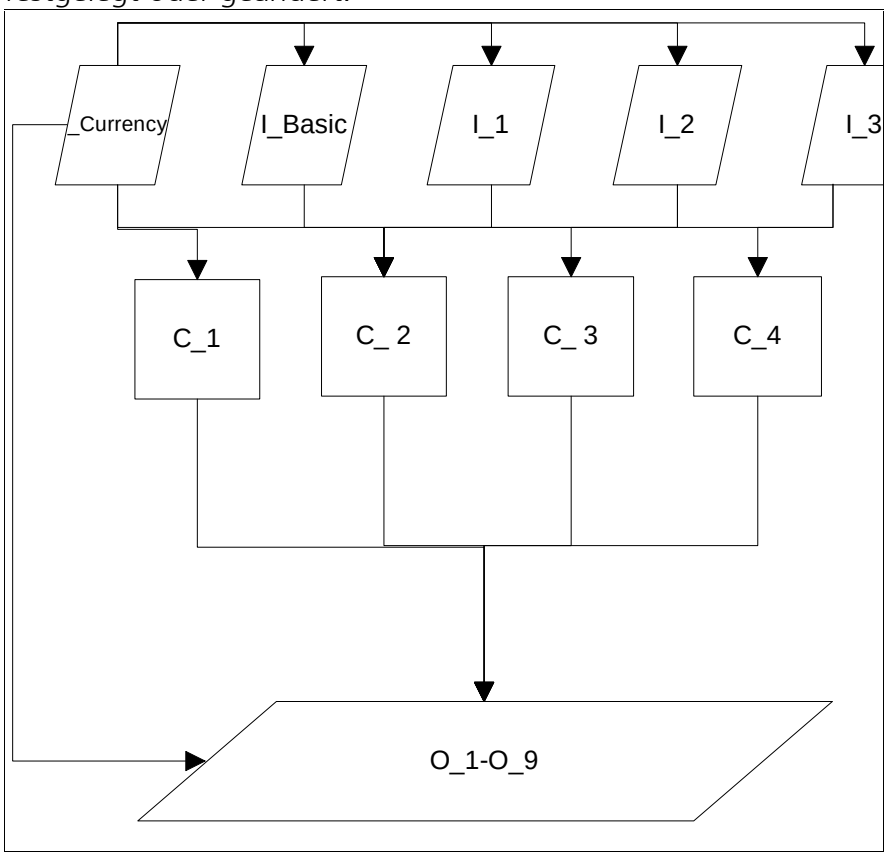


Bild 4.2 Prinzipieller Datenfluß

4.2.2 Modul Dateneingabe

4.2.2.1 Ablauf

Begonnen wird mit der Festlegung der Währung für die Eingabe-, Rechen- und Ausgabeblätter in „_Currency“. Danach folgt die Eingabe der Basisdaten. Anschließend wird entschieden, ob Reinraumneubau oder Modifizierung betrachtet werden soll. Und schließlich wird nach den Applikationen SMIF und/oder Lot Tracking gefragt. Danach ist die Dateneingabe beendet.

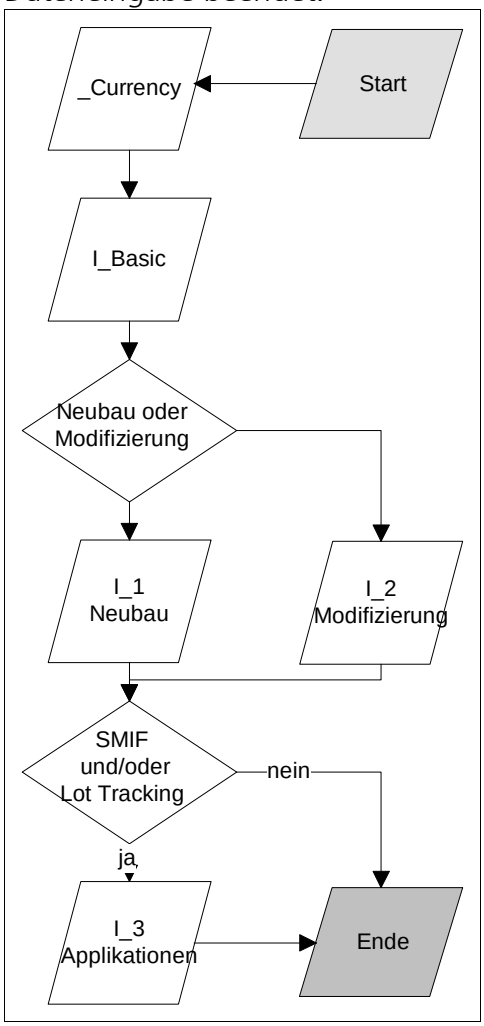


Bild 4.3 Eingabereihenfolge

4.2.2.2 Filter

Die Übergabe der Daten an das Kalkulationsmodul erfolgt wie in nachfolgendem Flußplan aufgezeigt.

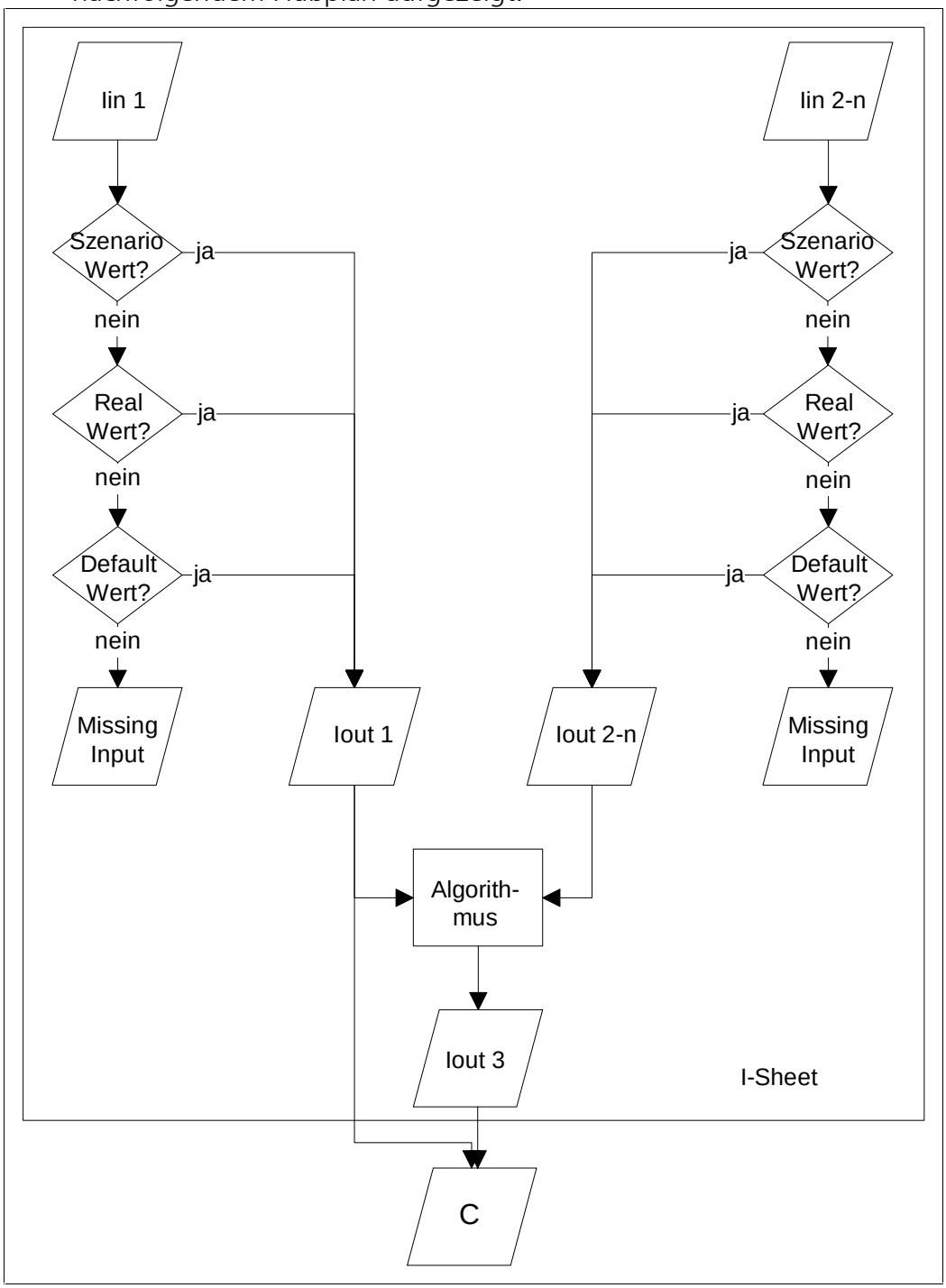


Bild 4.4 Datenfluß

Erfolgt keine Eingabe und liegt für diese Position kein Default-Wert vor, so wird im Output-Bereich „missing INPUT“ angezeigt.

4.2.3 Modul Kostenmodellierung

Um die unterschiedlichsten Vergleichsverfahren zu ermöglichen, sind in diesem Modul die zuvor berechneten Daten teilweise neu gruppiert (vgl. Bild 3.1). und grafisch aufbereitet.
Zur Reduktion von Berechnungsalgorithmen in den Rechenblättern wurden teilweise auch Zwischenrechnungen in den Eingabeblättern durchgeführt.

4.2.3.1 Filter im Rechenblatt „Überblick“ (C_1)

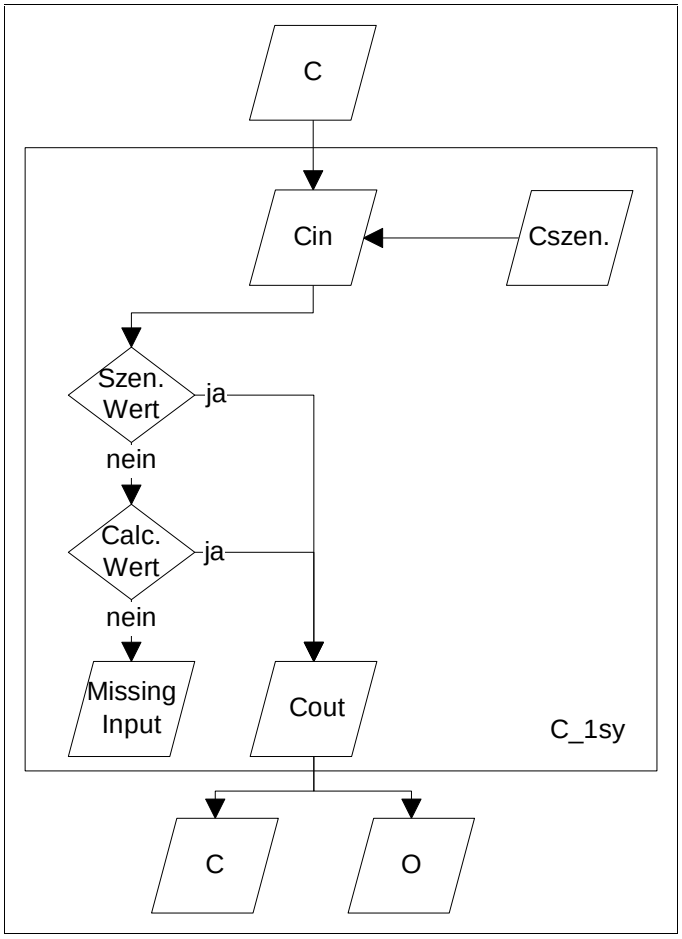


Bild 4.5 Rechenblatt „Überblick“

Das Rechenblatt „Überblick“ werden die Ergebnisse aus den Rechenblättern C_2 bis C_4 dargestellt. ist im Gegensatz zu diesen Blättern wird hier eine Eingaben von Szenariowerten ermöglicht..

4.2.3.2 Abläufe in den Rechenblättern C_2-C_4

In den übrigen Rechenblättern werden die Daten aus den Eingabeblättern und teilweise auch aus C_1 zweistufig

(Zwischenergebnisse und Endergebnisse) verknüpft und numerisch dargestellt.
Diese Daten werden an die dann an die Ergebnisblätter weitergegeben. Dort werden die Daten als Tabellen, Säulen- und Kurvendiagramme dargestellt.

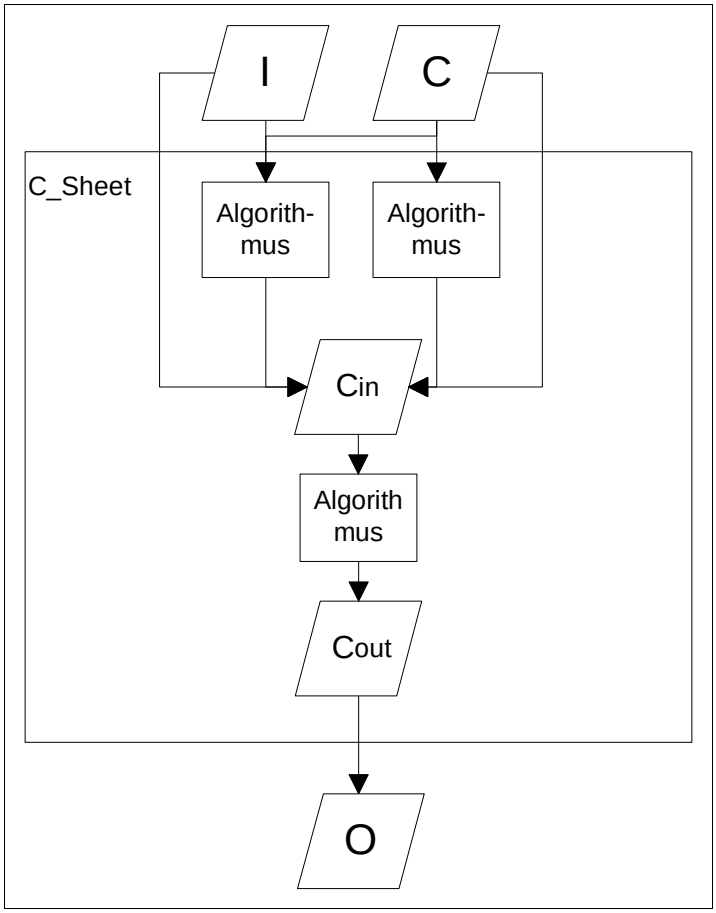


Bild 4.6 Datenfluß in den Rechenblättern C_2-C_4

5 Inhalt der Arbeitsblätter

5.1 Eingabeblätter

5.1.1 _Currency

Es besteht die Möglichkeit, sowohl die Währung der Eingabeblätter („Input Currency“) als auch die der Rechenblätter („Calculation Currency“) entweder in

- EURO
- DM
- $ oder
- £

darzustellen. Hierzu muß zu Beginn der Dateneingabe die gewünschte Währung eingestellt werden. Dies geschieht, indem vor der entsprechenden Währung ein „X“ eingegeben wird.

!	Es darf immer nur **eine** Währung angekreuzt werden. Werden mehrere Währungen angekreuzt, wird die zuoberst markierte Währung verwendet.

Die Datenausgabe erfolgt in der Währung der Rechenblätter. Auf jedem Datenausgabeblatt wird angegeben, in welcher Währung die Daten angezeigt werden (siehe Bild 4.2.1)

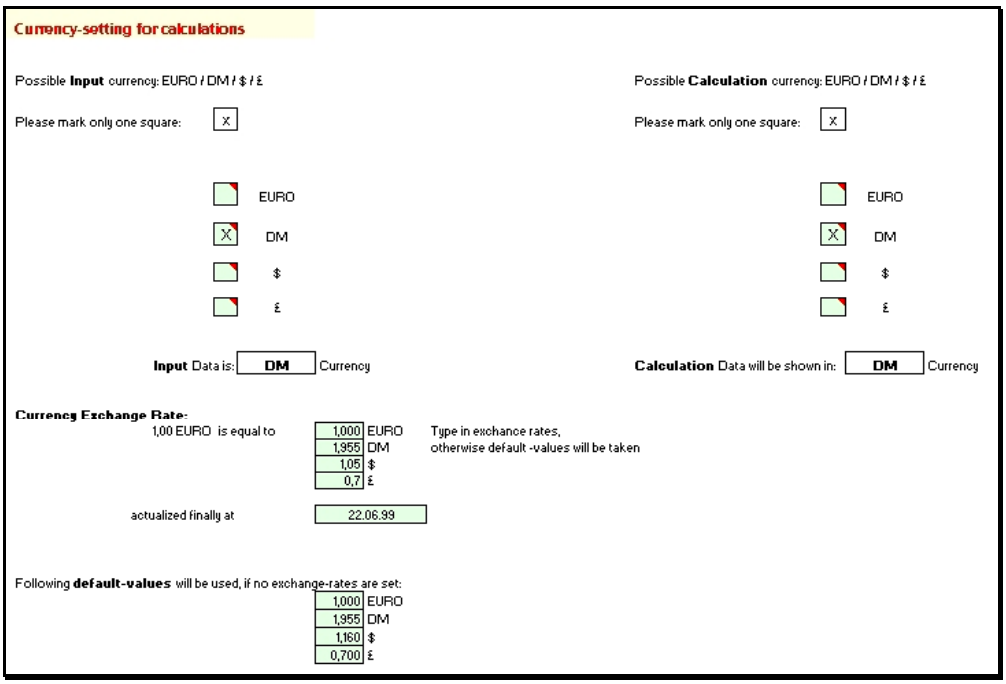


Bild 5.1 Eingabe der Währung

Im Eingabeblock „Currency Exchange Rate“ müssen die Wechselkurse eingetragen werden. Findet kein Eintrag durch den Anwender statt, werden Standardwerte („default-values“), die bereits in der Software hinterlegt wurden, für die weiteren Berechnungen verwendet. Diese „default-values“ werden in dem darunter liegenden Block angezeigt. Zur Kontrolle und Information werden die tatsächlich für die weiteren Berechnungen verwendeten Wechselkurse unter „Used Output of Exchange Rates“ angezeigt. Dieser Block ist nicht mehr editierbar. Außerdem besteht die Möglichkeit, das Datum der letzten Aktualisierung der Wechselkurse einzugeben.

5.1.2 I_Basic

Das Eingabeblatt „I_Basic“ enthält allgemeine Daten, welche für die spätere Kostenrechnung benötigt werden, aber keine Kostenstellen (z.B. annual salary rates for engineering, maintenance and supervison). Diese allgemeinen Daten sind im Folgenden genauer beschrieben.

I_Basic	basic data	INPUT						OUTPUT			
		IRIS 1		IRIS 2		IRIS 1 / IRIS 2		IRIS 1		IRIS 2	
		scenario-value	manual input	scenario-value	manual input	default-value		annotation	output	annotation	output
I_Basic - 1 cleanroom				all numerical data in the currency of: DM							
I_Basic-1.1.1 new			X		X	yes	complete(ly) new cleanroom	manual input	yes	manual input	yes
I_Basic-1.1.2 modification						yes	modification in areas with higher classification				
I_Basic - 1 Menv											
I_Basic-1.2.1 MENV											
I_Basic-1.2.1.1 passiv						yes	PE - SE				
I_Basic-1.2.1.2 activ						yes	PE equal SE				
I_Basic-1.2.2 applications											
I_Basic-1.2.2.1 SMIF			X		X	yes		manual input	yes	manual input	yes
I_Basic-1.2.2.2 lot tracking			X		X	yes		manual input	yes	manual input	yes
I_Basic - 1 operation data											
I_Basic-1.3.1 usefor/subcategorize						no	size of substrate to be handled				
I_Basic-1.3.2 process environment aggregate							aggregat of the environment surrounding the process				
I_Basic-1.3.2.1 cleanroom						yes					
I_Basic-1.3.2.2 atmospheric						yes					
I_Basic-1.3.3 operationstep							what to do with the substrates (e.g. handling, sorting, cleaning,...)				
I_Basic-1.3.3.1 transfer											
I_Basic-1.3.3.1.1 manual						yes					
I_Basic-1.3.3.1.2 partly automated						yes					
I_Basic-1.3.3.1.3 fully automated						yes					
I_Basic-1.3.3.2 stacking											
I_Basic-1.3.3.2.1 open carrier						yes					
I_Basic-1.3.3.2.2 closed transportation boxes						yes					
I_Basic-1.3.3.2.3 SMIF boxes						yes					
I_Basic-1.3.3.3 processing											
I_Basic-1.3.3.3.1 process						kind of process					
I_Basic-1.3.4 PER						DM/h	Process E quipment R ate 1-Maschinenstundensatz				
I_Basic-1.3.5 SED						h/yr	Scheduled E quipment D ownline per year				
I_Basic-1.3.6 OR-class for process equipment						class					

Bild 5.2 Eingabe allgemeiner Daten

I_Basic 1.1 „New Cleanroom“

Abfrage der ersten Stufe des Planungsstatus. Das heißt, was soll kostenmäßig betrachtet werden? Neuer Reinraum oder Modifizierung.

I_Basic 1.2 „Menv“

Abfrage der zweiten Stufe: passives oder aktives Minienvironment.

I_Basic 1.3 „Applications“

Ankreuzen der entsprechenden Stellen, sofern bei der Kostenbetrachtung die Kosten für VerSMIFung und/oder Lot Tracking berücksichtigt werden sollen.
Die hier getroffenen Entscheidungen sind gleichzeitig die „Schalter“, welche die folgenden Blätter I_1 – I_3 aktivieren oder deaktivieren. Wird zum Beispiel neuer Reinraum und Lot Tracking angekreuzt, so werden die für Modifizierung und SMIF relevanten Kostenstellen deaktiviert.

I_Basic 1.4 „Operation Data“

Abfrage von Substratgröße, Prozeßumgebung und Art des Prozesses. Bei der Prozeßumgebung wird in gasförmig und atmosphärisch unterschieden. Die Prozeßabfrage ist untergliedert in Transport, Lagerung und Prozessierung. Die „Operation Data“ haben lediglich informativen Charakter, da die prozeßspezifischen Kosten nicht berücksichtigt werden.

I_Basic 1.5 „Personal and Capacity Data“

Berücksichtigung der relativen Lohn- und Gehaltskosten von Ingenieuren sowie von Wartungs- und Überwachungspersonal. Kosten für die Operator fallen unter Prozeßkosten und werden somit nicht berücksichtigt, mit Ausnahme der Arbeitszeitkosten für das Erstellen, Ausfüllen und Befestigen der Losbegleitkarte („I_3 Manual Data Transfer“). Desweiteren werden kapazitätsrelevante Daten abgefragt, wie Stunden pro Woche und Schicht, Schichten pro Tag, etc.

I_Basic 1.6 „Financial Data“

Berücksichtigung betriebsinterner Wirtschaftlichkeitsdaten wie Lebensdauer des Reinheitssystems, Zinssätze oder Abschreibungszeitraum und Abschreibungsmechanismen. Möglich sind hier lineare Abschreibung (Eingabe: “str“), degressive Abschreibung (Eingabe: „comb“) und Abschreibung nach der Reducing Balance Methode (Eingabe: „rb“). Erfolgt keine Eingabe, so erscheint „default value“.

! Der Abschreibungszeitraum („Depreciation Time“) darf die Lebensdauer des Equipments („Scheduled Lifetime“) nicht überschreiten.

5.1.3 I_1 „New Cleanroom“

Das Eingabeblatt I_1 New Cleanroom umfaßt die Kostenstellen, welche einen Reinraumneubau und dessen Betrieb betreffen. Die angegebenen „default-values“ beziehen sich auf einen Reinraum mit 1000 m² Total Area.

I_1 - 1	new cleanroom	INPUT							OUTPUT			
		IRIS 1		IRIS 2		IRIS 1 / IRIS 2			IRIS 1		IRIS 2	
		scenario-value	manual input	scenario-value	manual input	default-value			annotation	output	annotation	output
		all numerical data in the currency of: DM										
I_1 - 1. 1	acquirition											
I_1 - 1.1.1	basic data											
I_1 - 1.1.1.1	total area					1000	m²	required space (pressure-equipped footprint)	default-value	1000	default-value	1000
I_1 - 1.1.1.1.1	tool area					500	m²		default-value	500	default-value	500
I_1 - 1.1.1.1.1.1	CR-class					10			default-value	10	default-value	10
I_1 - 1.1.1.1.1.2	filter area proportion					100	%	100% filter area proportion	default-value	100	default-value	100
I_1 - 1.1.1.1.2	operator area					200	m²		default-value	200	default-value	200
I_1 - 1.1.1.1.2.1	CR-class					1000			default-value	1000	default-value	1000
I_1 - 1.1.1.1.2.2	filter area proportion					50	%	50% filter area proportion	default-value	50	default-value	50
I_1 - 1.1.1.1.3	service area					0	m²		default-value	0	default-value	0
I_1 - 1.1.1.1.3.1	CR-class					10000			default-value	10000	default-value	10000
I_1 - 1.1.1.1.3.2	filter area proportion					0	%	0% filter area proportion	default-value	0	default-value	0
I_1 - 1.1.2												
I_1 - 1.1.2	air distribution system								0		0	
I_1 - 1.1.3	ceiling											
I_1 - 1.1.3.1	frame system, raster size					120x120	mm	120x120 500.-/90x120 500.-/60x120 750.-	default-value	120x120	default-value	120x120
I_1 - 1.1.3.1.1	price					500	DM/m²		default-value	500	default-value	500
I_1 - 1.1.3.2	upper ceiling					1000	DM/m²	area - hole CR-area	default-value	1000	default-value	1000
I_1 - 1.1.3.3	number of FFU's					200	0		default-value	200	default-value	200
I_1 - 1.1.3.3.1	FFU-price					5000	DM/m²	price without filter	default-value	5000	default-value	5000
I_1 - 1.1.3.4	filterprice (CL1-100)					600	DM/m²		default-value	600	default-value	600
I_1 - 1.1.3.5	filterprice (CL1000-)					500	DM/m²		default-value	500	default-value	500
I_1 - 1.1.3.6	cleared area					950	m²	non filter area	default-value	950	default-value	950
I_1 - 1.1.3.6.1	price					950	DM/m²		default-value	950	default-value	950
I_1 - 1.1.4	walls											
I_1 - 1.1.4.1	height					5	m		default-value	5	default-value	5
I_1 - 1.1.4.2	installation wall					500	DM/m²	Trockenpreis 450.-/m² 850.-	default-value	500	default-value	500
I_1 - 1.1.4.2.1	total length of installation wall					20	m		default-value	20	default-value	20
I_1 - 1.1.4.3	CR-wall					500	DM/m²		default-value	500	default-value	500
I_1 - 1.1.4.3.1	total length of CR-wall					150	m		default-value	150	default-value	150

Bild 5.3 Eingabeblatt I_1 New Cleanroom

I_1 1.1 „Acquisition“

Aufführung der Kosten für Planung, Bau und Qualifizierung sowie für Wartung und Energieverbrauch.
Diese Kostenstellen sind folgendermaßen weiter unterteilt:

I_1 1.1.1 „Total Area“

Unterteilung der gesamten Reinraumfläche („total area“) in „tool area“, „operator area“ und „service area“. Diese Unterteilung ist notwendig, weil sich evtl. in diesen Bereichen die Reinheitsklasse und somit Filterqualität und Filterbelegung unterscheiden. Dies würde sich dementsprechend auf die Kosten für Filterelemente auswirken.

I_1 .1.1.2 „Air Distribution System“

Unterscheidung in Pressure Plenum und Single Outlet.

I_1 1.1.3 „Ceiling“

Kosten für die RR-Decke einschließlich Oberdecke, Deckenraster, Filterelement, FFU’s und Blechabdeckungen für die nicht mit Filtern belegte Deckenfläche.

I_1 1.1.4 „Walls“

Kosten für Installations- und Reinraumwand. Die Reinraumwand trennt den reinen Bereich vom Grauraum, die Installationswand z.B. den Tool-Bereich vom Service-Bereich. Die Kosten sind angegeben in laufenden Metern bei einer Standardhöhe von 3 m. Hinzu kommen die Kosten für Fensterfläche, Türen, Luftdusche und Reinraumkleiderschränke.

I_1 1.1.5 „Floor“

Kosten für Normal- und Doppelboden einschließlich Unterboden-Beschichtung und Sonderbau für Schwingungsisolation.

I_1 1.1.6 „Air Circulation“

Umluftgerätekosten einschließlich Kanäle.

I_1 1.2 „Administration“

Planungskosten unterteilt in Vorplanung, Detailplanung, Ausführungs-planung und Installationsüberwachung.

I_1 1.3 „Evaluation“

Qualifizierungskosten unterteilt in Kosten für Einzelfilterscan und Reinraumabnahme.

I_1 1.4 „Facilities“

Kosten für regelmäßiges Monitoring und Sicherheitstechnik, wie Rauchmelder, Entrauchungsanlagen, automatische Löschsysteme, Beleuchtung und Notbeleuchtung.

I_1 1.5 „Maintenance“

Kosten für nicht geplante und geplante Wartung, regelmäßige Reinigung, Ersatzteile (Filter, Ventilatoren, Lampen, Reinraumkleidung und Sonstiges) sowie für Ersatzteillagerhaltung. Die Ersatzteilkosten können einzeln oder als Pauschale eingegeben werden. Wird keine

Pauschale eingegeben, so errechnet sich der Wert aus der benötigten Stückzahl, dem Einzelpreis und dem Wartungsintervall.

I_1 1.6 „Energy“

Energiekosten.

I_1 1.7 „Salvage Value“

Restwert nach Ende des Abschreibungszeitraumes.

5.1.4 I_2 „Modification“

In I_2 Modification werden die Daten zur Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten für eine lokale Anlagenkapselung (Minienvironment) erfaßt.

I_2 - 1	modification	INPUT							OUTPUT			
		IRIS 1		IRIS 2		IRIS 1 / IRIS 2		modification for local higher cleanliness	IRIS 1		IRIS 2	
		scenario-value	manual input	scenario-value	manual input	default-value			annotation	output	annotation	output
						all numerical data in the currency of:	DM					
I_2 - 1.1 acquisition												
I_2 - 1.1.1	housing size											
I_2 - 1.1.1.1	length of contour line		11400		11400		m	usually length of the outer line (including the air accumulll	manual input	11400	manual input	11400
I_2 - 1.1.1.2	height		1200		1000		m	height of MENV	manual input	1200	manual input	1000
I_2 - 1.1.2	cost per square meter housing					2000	DM/m²	cost per square meter wall area (1500-2500DM/m²)	default value	2000	default value	2000
I_2 - 1.1.3	required cleanroom class SE					10	class	class of US Fed. Std. 209E	default value	10	default value	10
I_2 - 1.1.4	quality of air filters					EU 15	class	filter classification e.g. EU 15 ...	default value	EU 15	default value	EU 15
I_2 - 1.1.5	cost per filter unit					700	DM/m²	incl. cost per filter unit	default value	700	default value	700
I_2 - 1.1.6	area of filter units					1,5	m²	area of filters needed in outer product-cleanroom	default value	1,5	default value	1,5
I_2 - 1.1.7	cost per filter-fan-unit					3000	DM/m²	cost per filter-fan-unit	default value	3000	default value	3000
I_2 - 1.1.8	area of filter-fan-units					1,5	m²	area of filter-fan-units needed in outer SE	default value	1,5	default value	1,5
I_2 - 1.1.9	method to increase air portion			upgrade				additional costs to increase air portion (only for costs Mrad)			upgrade	
I_2 - 1.1.9.1	cost I1					0	DM/m²		default value	0		
I_2 - 1.1.9.2	cost I2					1400	DM/m²				default value	1400
I_2 - 1.2 administration						4000	DM	cost of the process of initiating and completing the purchase (1 M.-consumbr calculated 40h a	default value	4000	default value	4000
I_2 - 1.3 installation (sum of sub-topics)							DM	installation of CRT/SE	calculated value	1.000	calculated value	1.000
I_2 - 1.3.1	costs for preparatory actions					1000	DM/m²	expenses to change the old system to the new system cost for integrating the system into the logistic concept of morale	default value	1000	default value	1000
I_2 - 1.3.2	integration costs											
I_2 - 1.3.2.1	active					4000	DM/m²	because of the m² filter-belegte Druckoffäche	default value	0	default value	0
I_2 - 1.3.2.2	passive					3100	DM/m²		default value	0	default value	0
I_2 - 1.3.3	utilities (connections)					0	DM	costs for utilities connections	default value	0	default value	0
I_2 - 1.3.4	clean up	0				0	DM	costs for clean up after removing old equipment	scenario value	0	default value	0
I_2 - 1.3.5	additional costs							costs for hardware (e.g. servers, scales, ...) associated to new equipment				
I_2 - 1.3.5.1	active					1500	DM		default value	0	default value	0
I_2 - 1.3.5.2	passive					500	DM		default value	0	default value	0
I_2 - 1.4 evaluation (sum of sub-topics)							DM		calculated value	720	calculated value	720
I_2 - 1.4.1	customer costs for system qualification					720	DM	the customers labor costs for engineering personnel	default value	720	default value	720
I_2 - 1.4.2	other costs for system qualification					0	DM	supplier/consumables costs required to qualify system	default value	0	default value	0

Bild 5.4 Eingabeblatt I_2 Modification

I_2 1.1 „Acquisition“

Acquisition enthält die Abmessungen und Quadratmeterkosten für die Einhausung, Filter und FFU-Preise, außerdem zusätzliche Kosten für den Aufwand zur Erhöhung der Luftmenge bei passivem MEnv.

I_2 1.2 „Administration“

Planungskosten für das Einholen von Angeboten, Vergleich derselben und Kaufabschluß.

I_2 1.3 Installation

Kosten für vorbereitende Maßnahmen, Installation einschließlich entsprechender Anschlüsse, Nachreinigung und evtl. Zusatzkosten für Material und Werkzeug. Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, einen Pauschalbetrag einzugeben.

I_2 1.4 „Evaluation“

Kostenaufwand für Qualifizierung, unterteilt in Kosten, die durch den Equipmenthersteller bzw. den Auftraggeber entstehen. Die Eingabe erfolgt separat oder pauschal.

I_2 1.5 „Maintenance“

Die Unterteilung der Kosten für Wartung und Reparaturen ist analog zu I_1 1.5. Es muß allerdings der evtl. erhöhte Aufwand durch SMIF berücksichtigt werden, da unter I_3 1.1.1 Substrate Interface die Wartungskosten nicht berücksichtigt werden.

I_2 1.6 „Energy“

Energiekosten.

I_2 1.7 „Salvage Value“

Restwert nach Ende des Abschreibungszeitraumes.

I_2 1.8 „Additionel Cost“

Zusätzliche Kosten für Luftionisation, Sprinkler, Licht und Vorfiltration.

5.1.5 I_3 „Applications“

Im Eingabeblatt I_3 Applications sind Kosten für VerSMIFung und Losverfolgung aufgeführt. Diese können nur im Zusammenhang mit I_1 oder I_2 bearbeitet werden.

I_3 - 1	applications	INPUT						OUTPUT			
		IRIS 1		IRIS 2		IRIS 1 / IRIS 2	SMIF/lot tracking	IRIS 1		IRIS 2	
		zzenaria-valu	manual input	zenaria-valu	manual input	default-value		annotation	output	annotation	output
I_3 - 1. 1 substrate interface				all numerical data in the currency of:		DM					
I_3-1.1.1	manual					yes	substrate transfer (transport, handling)				
I_3-1.1.2	automated integrated					yes					
I_3-1.1.3	automated adapted					yes					
I_3-1.1.4	I/O-station										
I_3-1.1.4.1	number of I/O's					1		default-value	1	default-value	1
I_3-1.1.4.2	indexer (SMIF/non-SMIF)										
I_3-1.1.4.2.1	number of tools needed					yes			0		0
I_3-1.1.4.2.2	price per tool					50000	DM	default-value	50000	default-value	50000
I_3-1.1.4.3	cassette-loader										
I_3-1.1.4.3.1	number of tools needed					yes			0		0
I_3-1.1.4.3.2	price per tool					110000	DM	default-value	110000	default-value	110000
I_3-1.1.4.4	pod-opener										
I_3-1.1.4.4.1	number of tools needed					yes			0		0
I_3-1.1.4.4.2	price per tool					20000	DM	default-value	20000	default-value	20000
I_3-1.1.4.5	total I/O-station carts						DM	sum of sub-topics	calculated value	0	calculated value	0
I_3-1.1.4.6	I/O-containers (pods)										
I_3-1.1.4.6.1	number of "pods" needed					2	yes	default-value	2	default-value	2
I_3-1.1.4.6.2	price per pod					500	DM	pod (SEMI-Std. for SMIF-Box)	default-value	500	default-value	500
I_3-1.1.4.7	total I/O-container cart						DM		calculated value	1000	calculated value	1000
I_3-1.1.5	administration					4000	DM	cost of the process of initializing and completing the purchase (1 Man-month calculated 4000 DM)	default-value	4000	default-value	4000
I_3-1.1.6	installation					8000	DM	change, rearrangement and minor costs	default-value	8000	default-value	8000
I_3-1.1.6.1	integration carts (engineering)					1200	DM	cost for integrating the chosen components into the process tool	default-value	1200	default-value	1200
I_3-1.1.6.1.1	hardware					5000	DM		default-value	5000	default-value	5000
I_3-1.1.6.1.2	software											
I_3-1.1.6.1.2.1	SMIF-interface available (software)					5000	DM	price from SMIF-supplier	default-value	5000	default-value	5000
I_3-1.1.6.1.2.2	SMIF-interface not available (software)						DM	price from tool-supplier				
I_3-1.1.6.2	other carts					1500	DM	costs for hardware associated to new requirement (e.g. 1500.- for a table for a cart)	default-value	0	default-value	0
I_3 - 1. 2 salvage value						0	DM	salvage value after the end of a useful life	default-value	0	default-value	0

Bild 5.5 Eingabeblatt I_3 Applications

I_3 1.1 „Substrate Interface“

Wir unterscheiden grundsätzlich drei Möglichkeiten der VerSMIFung

- manuell entnommen.
- integriert: SMIF-Pod wird in die I/O Station des Prozeßtools gestellt und von installiertem Indexer geöffnet, die Wafer einzeln entnommen und nach dem Prozeß zurückgelegt.
- adaptiert: SMIF-Pod wird in Pod-Opener gestellt. Nach dem Öffnen wird der Carrier von einem Cassette-Loader entnommen und in die I/O-Station des Prozeßtools gestellt.
-

I_3 1.1.4 „Acquisition“

Investitionskosten für SMIF-Boxen, Pod-Opener, Indexer und Cassette-Loader

I_3 1.1.5 „Administration“

Planungskosten für das Einholen von Angeboten, Vergleich derselben und Kaufabschluß

I_3 1.1.6 „Installation“

Kosten für Umbauten an Tool und Einhausung, Integration von Hard und Software inklusive Softwarekosten und evtl. Zusatzkosten für Material und Werkzeug. Die Eingabe kann einzeln oder pauschal erfolgen.

I_3 1.1.7 „Salvage Value“

Restwert nach Ende des Abschreibungszeitraumes

I_3 1.2 „Data Interface“

Es wird grundsätzlich in „Manual Data Transfer“, also manuelle Losverfolgung mit Hilfe von Losbegleitkarten, welche der Operator auszufüllen hat und „Electronic Data Transfer“, also elektronische Losverfolgung unterschieden

I_3 - 1	applications	INPUT						SMIF/lot tracking	OUTPUT			
		IRIS 1		IRIS 2		IRIS 1 / IRIS 2			IRIS 1		IRIS 2	
		scenario-valu	manual input	scenario-valu	manual input	default-value			annotation	output	annotation	output
I_3 - 1. 2	**data interface**							10000m² production area, 500 wafers/carrier per day, 200mm wafers, 25 wafers per lot				
I_3 - 1.2.1	**manual data transfer**						y/n					
I_3 - 1.2.2	**electronic data transfer**						y/n					
I_3 - 1.2.3	**manual data transfer**							e.g. data is transfer on paper				
I_3 - 1.2.3.1	labour costs					2	hrs/yr m²	time the operators needs for printing, hanging and filling the "lot round card" on the transport	default-value	2	default-value	2
I_3 - 1.2.3.2	production area					1000	m²		default-value	1000	default-value	1000
I_3 - 1.2.3.3	material costs					7	DM/yr m²	cost for "lot round card" including all accessoires	default-value	7	default-value	7
I_3 - 1.2.4	**electronic data transfer**							e.g. optical or mechanically assisted supervision that is taken manual				
I_3 - 1.2.4.1	acquisition											
I_3 - 1.2.4.1.1	investment costs					220	DM/m²	direkt prior to purchase the complete auxiliaries system	default-value	220	default-value	220
I_3 - 1.2.4.1.2	administration					2	DM/m²	cost of the process of initiating and completing the purchase	default-value	2	default-value	2
I_3 - 1.2.4.2	installation (run of sub-topics)					90	DM/m²	installation cost of lot tracking system	default-value	90	default-value	90
I_3 - 1.2.4.2.1	costs for preparatory actions						DM	expenses for preparatory actions in the aircraft before the new system could be used for integrating the system into the logistic source of needs				
I_3 - 1.2.4.2.2	integration costs						DM					
I_3 - 1.2.4.2.3	clean up						DM	costs for clean up after installation of new equipment				
I_3 - 1.2.4.2.4	additional costs						DM	costs for hardware (e.g. servers, scale, ...) associated to new equipment				
I_3 - 1.2.4.3	evaluation					50	DM/m²	qualification of the lot tracking system including all installations, official releases, the customers labor costs for registering equipment	default-value	50	default-value	50
I_3 - 1.2.4.3.1	customer costs for system qualification						DM					
I_3 - 1.2.4.3.2	other costs for system qualification						DM					
I_3 - 1.2.4.4	initial Training					1,3	DM/m²	initial training for engineers, operators, maintenance and supervision	default-value	1,3	default-value	1,3
I_3 - 1. 2. 5	**maintenance**					7,3	DM/yr m²		default-value	7,3	default-value	7,3
I_3 - 1.2.5.1	unscheduled maintenance						hrs/yr	MSM labor expenditure		0		0
I_3 - 1.2.5.2	scheduled maintenance						hrs/yr	SM labor expenditure		0		0
I_3 - 1.2.5.3	spare parts costs						DM/yr	annual spare parts costs for maintenance and repair		0		0
I_3 - 1.2.6	**labor cost**					2	DM/yr m²		default-value	2	default-value	2
I_3 - 1. 2. 7	**energy**											
I_3 - 1.2.7.1	electricity					3	DM/yr m²	costs for electricity, heating, compressed air ...	default-value	3	default-value	3

Bild 5.6 Datentransfer

I_3 1.3.3 „Manual Data Transfer“

Kosten für Material (Losbegleitkarten) und Arbeitszeit des Operator bezogen auf den Quadratmeter Produktionsfläche.

I_3 1.3.4 „Electronic Data Transfer“

I_3 1.3.4.1 „Acquisition“

Kosten für die Anschaffung des Systems einschließlich Planung und Angebotseinholung.

I_3 1.3.4.2 „Installation“

Kosten für die Installation einschließlich Vorbereitung, Integration, abschließende Reinigung und evtl. Teile wie Schrauben etc.

I_3 1.3.4.3 „Evaluation“

Qualifizierungskosten der Anlage.

I_3 1.3.4.3 „Initial Training“

Kosten für Mitarbeiterschulung.

I_3 1.3.5 „Maintenance“

Kosten für geplante und nicht geplante Wartungsarbeiten zuzüglich Ersatzteilkosten. Bei Wartungsverträgen erfolgt die Eintragung pauschal unter „maintenance“.

I_3 1.3.6 „Labor“

Arbeitszeitaufwand des Operator für Programmierung und Befestigung des „Teltec“ an der Transportbox (Teltec entspricht einer elektronischen Losbegleitkarte).

I_2 1.3.7 „Energy“

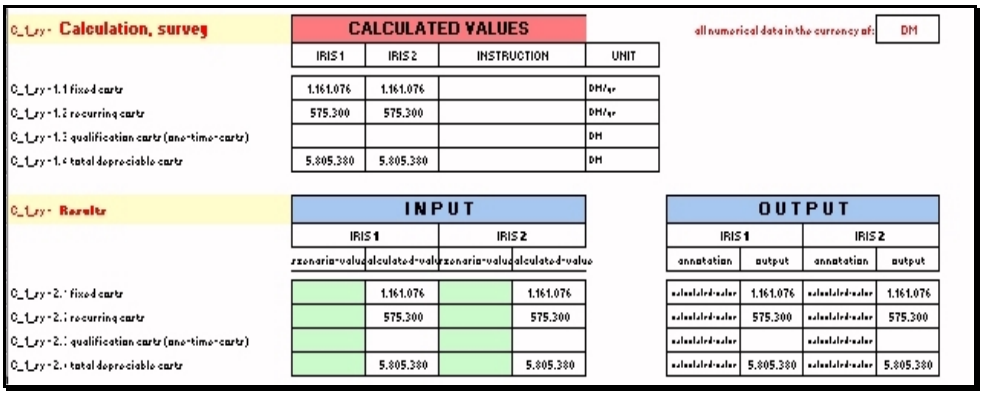
Energiekosten, hier in erster Linie für Batterien und Akkus, aber auch sonstige Stromkosten für den Betrieb der Anlage.

5.2 Kalkulationsblätter

5.2.1 C_1_sy „Calculation Survey“

In diesem Arbeitsblatt werden die Rechenergebnisse der drei nachfolgenden Kalkulationsblätter aufgelistet. Es können mit Hilfe der Szenario-Werte Änderungen vorgenommen werden:

- Fixe Kosten („Fixed Costs“),
- Laufende Unterhaltskosten („Recurring Costs“) und
- Qualifizierungskosten(„Qualification Costs“)
- Abschreibbare Kosten („Total Depreciable Costs“),



C_1_sy - Calculation, survey	CALCULATED VALUES				all numerical data in the currency of: DM
	IRIS 1	IRIS 2	INSTRUCTION	UNIT	
C_1_sy - 1.1 fixed costs	1.161.076	1.161.076		DM/yr	
C_1_sy - 1.2 recurring costs	575.300	575.300		DM/yr	
C_1_sy - 1.3 qualification costs (one-time-costs)				DM	
C_1_sy - 1.4 total depreciable costs	5.805.380	5.805.380		DM	

C_1_sy - Results	INPUT				OUTPUT			
	IRIS 1		IRIS 2		IRIS 1		IRIS 2	
	szenario-value	calculated-value	szenario-value	calculated-value	annotation	output	annotation	output
C_1_sy - 2.1 fixed costs		1.161.076		1.161.076	calculated-value	1.161.076	calculated-value	1.161.076
C_1_sy - 2.2 recurring costs		575.300		575.300	calculated-value	575.300	calculated-value	575.300
C_1_sy - 2.3 qualification costs (one-time-costs)					calculated-value		calculated-value	
C_1_sy - 2.4 total depreciable costs		5.805.380		5.805.380	calculated-value	5.805.380	calculated-value	5.805.380

Bild 5.7 Arbeitsblatt C_1_sy Calculation Survey

5.2.2 C_2_fc „Fixed Costs“

In C_2_fc werden entsprechend der in I_Basic gewählten Abschreibungsmethode die im ersten Jahr abschreibbaren Kosten errechnet.

fixed costs	CALCULATED VALUES				all numerical data in the currency of:	DM
	IRIS 1	IRIS 2	INSTRUCTION	UNIT		
fixed costs						
depreciation	1.161.076	1.161.076		DM		
floor space costs (rent costs)				DM		
	1.161.076	**1.161.076**		**DM**		

result	INPUT				OUTPUT			
	IRIS 1		IRIS 2		IRIS 1		IRIS 2	
	scenario-value	calculated-value	scenario-value	calculated-value	annotation	output	annotation	output
fixed costs								
depreciation		1.161.076		1.161.076	calculated-value	1.161.076	calculated-value	1.161.076
floor space costs (rent costs)					missing input	0	missing input	0
				total fixed costs		1.161.076		1.161.076

Bild 5.8 Arbeitsblatt C_2_fc Fixed Costs

Unter floorspace costs können eventuell hinzukommende Kosten für Gebäude- oder Reinraummiete eingetragen werden.

5.2.3 C_3_rc „Recurring Costs“

Die laufend anfallenden Kosten setzen sich zusammen aus:

- Nicht geplanten Wartungskosten (Reparaturen)
- Geplanten Wartungskosten wie Filter oder Leuchtmittelaustausch
- Regelmäßiger Reinigung
- Ersatzteil- und Ersatzteillagerhaltungskosten und
- Operatorkosten für das Erstellen und Ausfüllen der Losbegleitkarten

recurring cost	CALCULATED VALUES				all numerical data in the currency of:	DM
	IRIS 1	IRIS 2	INSTRUCTION	UNIT		
recurring costs						
unscheduled maintenance	192.000	192.000		DM/yr		
L1 new	192.000	192.000		DM/yr		
L2 modification	0	0		DM/yr		
L3 SMIF				DM/yr		
L3 lot tracking				DM/yr		
scheduled maintenance	99.540	99.540		DM/yr		
cleaning	50.320	50.320		DM/yr		
spare parts costs	430.250	430.250		DM/yr		
spare parts inventory costs	0	0		DM/yr		
energy	0	0		DM/yr		
monitoring	0	0		DM/yr		
	772.110	**772.110**		DM/yr		

result	INPUT				OUTPUT			
	IRIS 1		IRIS 2		IRIS 1		IRIS 2	
	scenario-value	calculated-value	scenario-value	calculated-value	annotation	output	annotation	output
recurring costs for IRIS								
unscheduled maintenance		192.000		192.000	calculated-value	192.000	calculated-value	192.000
scheduled maintenance		99.200		99.200	calculated-value	99.200	calculated-value	99.200
cleaning		50.000		50.000	calculated-value	50.000	calculated-value	50.000
spare parts costs		430.000		430.000	calculated-value	430.000	calculated-value	430.000
spare parts inventory costs		0		0	calculated-value	0	calculated-value	0
energy		3		3	calculated-value	3	calculated-value	3
monitoring		0		0	calculated-value	0	calculated-value	0
				total running costs		771.303		771.303 DM/yr

Bild 5.9 Arbeitsblatt C_3_rc Recurring Costs

Die einzelnen Summanden sind untergliedert in ihre „Entstehungsorte“:

- I_1 New Cleanroom
- I_2 Modification
- I_3 SMIF
- I_3 Lot Tracking

5.2.4 C_4_tdc „Total Depreciable Costs“

Die abschreibbaren Kosten errechnen sich aus der Summe von:

- Acquisition: reine Equipmentkosten
- Administration: Planungskosten
- Installation: Kosten für Installation einschließlich vorbereitender Maßnahmen und Nachreinigung
- Qualification Qualifizierungkosten nach der Installation

abzüglich

- Salvage Value Restwert nach Ablauf des Abschreibungszeitraumes

total depreciable costs	CALCULATED VALUES				all numerical data in the currency of:	DM
	IRIS 1	IRIS 2	INSTRUCTION	UNIT		
IRIS qualification costs (one-time costs)						
evaluation	720	720		DM		
L1new	0	0		DM		
L2modification	720	720		DM		
L3SMIF				DM		
L3lattracking	0	0		DM		
	720	720		DM		
IRIS equipment costs (costs for initiation)						
acquirition	5.824.160	5.837.840		DM		
administration	9.600	9.600		DM		
installation cost	18.280	18.280		DM		
salvage value	0	0		DM		
qualification costs	0	0		DM		
	5.828.360	5.843.640		DM		

Results	INPUT				OUTPUT			
	IRIS 1		IRIS 2		IRIS 1		IRIS 2	
	scenario-value	calculated-valu	scenario-value	calculated-value	annotation	output	annotation	output
IRIS qualification costs (one-time costs)								
evaluation		0		0	calculated-value	0	calculated-value	0
				total qualification costs		0		0
IRIS equipment costs (costs for initiation)								
acquirition		5.783.300		5.783.300	calculated-value	5.783.300	calculated-value	5.783.300
administration		4.800		4.800	calculated-value	4.800	calculated-value	4.800
installation cost		1.000		1.000	calculated-value	1.000	calculated-value	1.000
salvage value		0		0	calculated-value	0	calculated-value	0
qualification costs		0		0	calculated-value	0	calculated-value	0
				total depreciable costs		5.805.380		5.805.380

Bild 5.10 Arbeitsblatt C_4_tdc Total Depreciable Costs

5.3 Ergebnisblätter

5.3.1 O_5 „COO“

Zehn-Jahres-Übersicht über die Cost-of-Ownership Daten. Hier fließen alle Kosten ein, welche durch Anschaffung und Betrieb des Reinheitssystems anfallen.

Cost Development within 10 Years — all numerical data in the currency of: DM

IRIS 1: Ten Year Table - Cost (COO) Calculation

	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10
Cost Factors / Time										
Depreciation of Total Equipment Cost	1.161.076	1.161.076	1.161.076	1.161.076	1.161.076	0	0	0	0	0
Operating Cost										
1 Fixed Cost Factors	1.161.076	1.161.076	1.161.076	1.161.076	1.161.076	0	0	0	0	0
2 Recurring Cost Factor	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303
Total Cost of Ownership	1.932.379	1.932.379	1.932.379	1.932.379	1.932.379	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303
Cumulative Costs	1.932.379	3.864.758	5.797.137	7.729.516	9.661.895	10.433.198	11.204.501	11.975.804	12.747.107	13.518.410

IRIS 2: Ten Year Table - Cost (COO) Calculation

	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10
Cost Factors / Time										
Depreciation of Total Equipment Cost	1.161.076	1.161.076	1.161.076	1.161.076	1.161.076	0	0	0	0	0
Operating Cost										
1 Fixed Cost Factors	1.161.076	1.161.076	1.161.076	1.161.076	1.161.076	0	0	0	0	0
2 Recurring Cost Factor	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303
Total Cost of Ownership	1.932.379	1.932.379	1.932.379	1.932.379	1.932.379	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303
Cumulative Costs	1.932.379	3.864.758	5.797.137	7.729.516	9.661.895	10.433.198	11.204.501	11.975.804	12.747.107	13.518.410

Bild 5.11 Zehn-Jahres-Übersicht

Ausgabegrößen:

- „Depreciation of Total Equipment Costs“: abhängig von der gewählten Abschreibungsart „str“, „rb“ oder „comb“ und der Abschreibungsdauer auf dem Arbeitsblatt „I_Basic“ werden die gesamten abschreibbaren Kosten pro Jahr berechnet. Die Summe der abschreibbaren Kosten über den gesamten Abschreibungszeitraum ist identisch mit der Berechnung der „Total Depreciable Costs“ des Blattes „C_4_tdc“.
  Da die abschreibbaren Kosten nur für den Zeitraum der gewählten Abschreibungszeit anfallen, sind die Zellen für die darauffolgenden Jahre leer.

- Abschreibungsart „str“ gewählt: Hier werden die gesamtem abschreibbaren Kosten gleichmäßig auf die Abschreibungsdauer verteilt; d.h. für jedes Jahr ergibt sich dieselbe Abschreibungshöhe. Wurde z.B. ein Abschreibungszeitraum von 7 Jahren gewählt, ergibt dies eine jährliche lineare Abschreibung von 14,3 %.

- Abschreibungsart „comb“ gewählt: Der Prozentsatz der Abschreibung ist bei degressiver Abschreibung der dreifache Wert der linearen Abschreibung, höchstens aber 30%. Für die letzten drei Jahre des Abschreibungszeitraums werden die noch verbleibenden abschreibbaren Kosten gleichmäßig auf diese drei Restjahre aufgeteilt.
- Abschreibungsart „rb“ gewählt: Bei der „Reducing Balance Methode“ wird in den Anfangsjahren der Abschreibungszeit eine degressive Abschreibung gewählt, die dann in die lineare Abschreibung übergeht. Der Übergang von der degressiven zur linearen Abschreibung wird vorgenommen, sobald die lineare AfA höher ist als die ansonsten mögliche degressive AfA.
- Wurde eine Abschreibungszeit kleiner als 10 Jahre gewählt, bleiben die Zellen für die Jahre nach Ablauf der Abschreibungszeit leer.
- „Operating Cost“: Aufsplittung in Fixkosten („Fixed Cost Factors“) und Unterhaltskosten („Recurring Cost Factors“) pro Jahr.
- „Total Cost of Ownership“: Dies ist die Summe aus „Depreciation of Total Equipment Costs“ und „Operating Costs“ differentiell über die einzelnen Jahre betrachtet.
- „Cumulative Costs“: Summe aus „Depreciation of Total Equipment Costs“ und „Operating Costs“, kumulativ über alle Jahre des „Tool Life“ betrachtet.
- Dies gilt für die Tabellen von IRIS I und IRIS II.

5.3.2 O_6_CC „Cost Comparison“

Cost Comparison all numerical data in the currency of: **DM**

IRIS 1 vs. IRIS 2

COST COMPARISON							
		Operating Cost					
	Equipment Cost	Fixed Cost/year	Recurring Cost/year	Tool Life Total Cost	Tool Life Total Cost with Interest Yield of diff. Equip	Ratio of Total Costs	Ratio of Total Costs with Interest Yield
IRIS 1	5.805.380	1.161.076	771.303	13.518.410	13.518.410	1,0000	1,00
IRIS 2	5.805.380	1.161.076	771.303	13.518.410	13.518.410	1,0000	1,00
Cost Difference IRIS 1 / IRIS 2	0	0	0	0	0		

+ = no cost saving because of IRIS 1
- = cost saving because of IRIS 1

Bild 5.12 Cost Comparison

- „Equipment Cost“: Übernahme des Wertes „Total Depreciable Costs“ des Kalkulationsblattes „C_4_tdc“.
- „Fixed Cost / Year“: Übernahme des Wertes „Total Fixed Costs“ des Kalkulationsblattes „C_2_fc“.
- „Recurring Costs / Year“: Übernahme des Wertes „Total Recurring Costs“ des Kalkulationsblattes „C_3_rc“.
- „Tool Life Total Cost“: Dies ist die Summe der „Total Cost of Ownership Werte“ über alle Jahre der Nutzungsdauer („Tool Life“) des Equipments.
- „Tool Life Total Cost with Interest Yield of different Equipment Costs“: Wert entsprechend „Tool Life Total Cost“, jedoch unter Berücksichtigung der Verzinsung des Differenzbetrags der unterschiedlichen Anschaffungspreise beider Equipment-Varianten.
- „Ratio of Total Costs“: Verhältnis der Gesamtkosten der beiden Equipment-Varianten zueinander. Die Variante mit den höchsten Gesamtkosten über die gesamte Gerätelebensdauer hat den Kostenfaktor 1,00, die andere Komponente hat einen kleineren Kostenfaktor.
- „Ratio of Total Costs with Interest Yield“: Werte wie „Ratio of Total Costs“, jedoch unter Berücksichtigung der Verzinsung des Differenzbetrags der unterschiedlichen Anschaffungspreise der beiden Equipment-Varianten.

- „Cost Difference IRIS 1 / IRIS 2“: Differenzwert zwischen „IRIS1“ und „IRIS2“ für die entsprechende Spaltenüberschrift. Ergibt sich hier eine positive Zahl, erzielte IRIS1 keine Kostenersparnis, bei einer negativen Zahl führt IRIS1 zu einer Kosteneinsparung.

Ten Year Table - Cost Savings

Total Cost Change per Year DIFFERENTIAL										
	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10
IRIS 1 (Total COO)	1.932.379	1.932.379	1.932.379	1.932.379	1.932.379	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303
IRIS 2 (Total COO)	1.932.379	1.932.379	1.932.379	1.932.379	1.932.379	771.303	771.303	771.303	771.303	771.303
Cost Change IRIS 1 vs IRIS 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

+ = no cost saving because of IRIS 1
- = cost saving because of IRIS 1

Bild 5.13 Total Cost Change per Year Differential

- „IRIS1 (Total COO)“: Übernahme der Werte „Total Cost of Ownership“ der IRIS1-Tabelle des Arbeitsblattes „C_5_COO“.
- „IRIS2 (Total COO)“: Übernahme der Werte „Total Cost of Ownership“ der IRIS2-Tabelle des Arbeitsblattes „C_5_CO“.
- „Cost Change IRIS1 vs. IRIS2“: Differenzwert zwischen „IRIS1 (Total COO)“ und „IRIS2 (Total COO)“ für die einzelnen Jahre. Ergibt sich hier eine positive Zahl, erzielte IRIS1 keine Kostenersparnis. Bei einer negativen Zahl führt IRIS1 zu einer Kosteneinsparung.

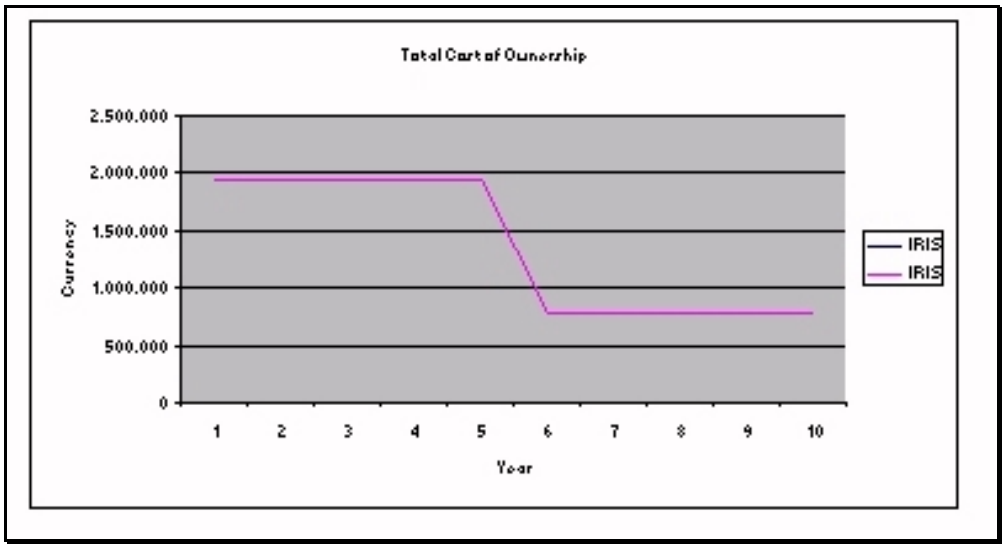


Bild 5.14 Cost Development Over Time (differential)

Bild 4.4.2.3 zeigt den Verlauf der gesamten Cost of Ownership Daten („Total COO“) des IRIS1-Systems und der Alternative IRIS2 über die Zeitspanne von 10 Jahren. Je nach zuvor eingestellter Lebens- und

Abschreibungsdauer des Equipments sieht man bei diesen Jahreszahlen deutliche Veränderungen im Kostenverlauf.

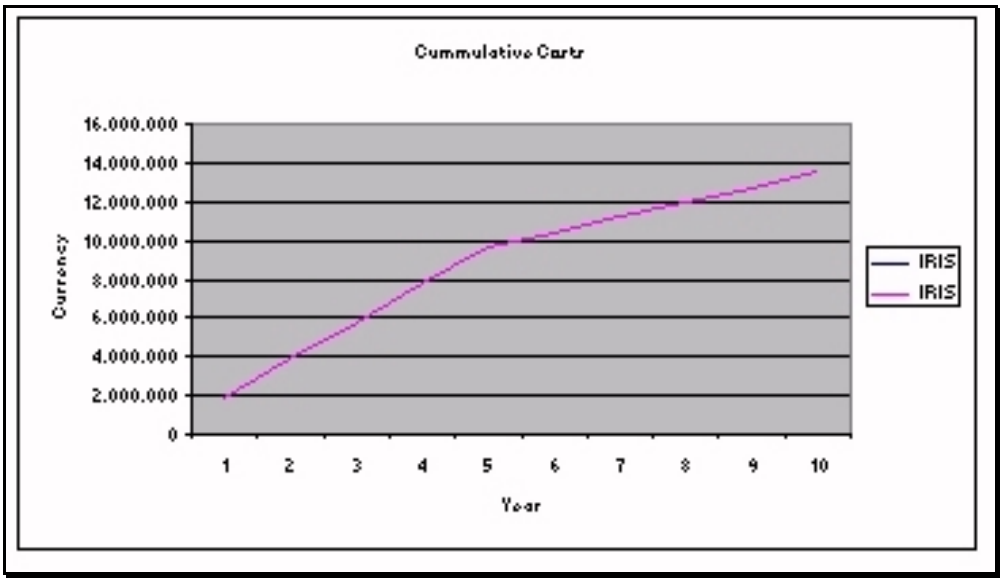


Bild 5.15 Break Even (cumulative)

Kumulativer Kostenverlauf in Abhängigkeit von den Jahren. Zusätzlich als Gerade dargestellt sind die gesamten abschreibbaren Kosten („Total Depreciable Costs") des IRIS. Aus dem Schnittpunkt der kumulativen Gesamtkosten der jeweiligen Equipment-Variante mit den abschreibbaren Kosten des IRIS ergibt sich die Anzahl der Jahre, nach denen die Kostenersparnis die abschreibbaren Kosten des IRIS wieder erwirtschaftet hat.

Ten Year Table - Cost Savings

Total Cost Change per Year CUMULATIVE										
	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10
IRIS 1 (Total COO)	1.932.379	3.864.758	5.797.137	7.729.516	9.661.895	10.433.198	11.204.501	11.975.804	12.747.107	13.518.410
IRIS 2 (Total COO)	1.932.379	3.864.758	5.797.137	7.729.516	9.661.895	10.433.198	11.204.501	11.975.804	12.747.107	13.518.410
Savings IRIS 1 vs IRIS 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

+ = no cost saving because of IRIS 1
- = cost saving because of IRIS 1

Bild 5.16 Total Cost Change per Year Cumulative

Analoger Aufbau wie TOTAL COST CHANGE PER YEAR DIFFERENTIAL. Einziger Unterschied: Die Daten sind hier nicht differentiell für die einzelnen Jahre, sondern kumulativ über zehn Jahre aufgetragen.

- „Savings IRIS1 vs. IRIS2": Hier wird die Ersparnis, die das IRIS1-System gegenüber der Alternative erzielt, betrachtet. Aufgrund der besseren grafischen Darstellung im Diagramm „Break Even (cumulative)" wurden die Kosteneinsparungen, die das IRIS gegenüber den Alternativen erzielt, positiv dargestellt.

5.3.3 O_7_NPV „Net Present Value“

Liefert den Nettobarwert (Kapitalwert) einer Investition auf Basis eines Abzinsungsfaktors für eine Reihe periodischer Zahlungen. Der Nettobarwert einer Investition ist der gegenwärtige Wert einer Reihe zukünftiger Auszahlungen (negative Werte) und Einzahlungen (positive Werte).

Net Present Value of Investment

all numerical data in the currency of: DM

Total Machine Investment (Equipment Cost IRIS 1): 5.805.380,00

	Cost Change IRIS 1 vs IRIS 2	Rate of Discount	NPV
Year 1 IRIS 2	0	$(1+i)^{-1}$	0
Year 2 IRIS 2	0	$(1+i)^{-2}$	0
Year 3 IRIS 2	0	$(1+i)^{-3}$	0
Year 4 IRIS 2	0	$(1+i)^{-4}$	0
Year 5 IRIS 2	0	$(1+i)^{-5}$	0
Year 6 IRIS 2	0	$(1+i)^{-6}$	0
Year 7 IRIS 2	0	$(1+i)^{-7}$	0
Year 8 IRIS 2	0	$(1+i)^{-8}$	0
Year 9 IRIS 2	0	$(1+i)^{-9}$	0
Year 10 IRIS 2	0	$(1+i)^{-10}$	0
Net Present Value C_0*) IRIS2			0
*) NPV >= 0 ; investment profitable			
NPV IRIS 2 considering investment cost difference between IRIS 1 and IRIS			0

Bild 5.17 Ergebnisblatt Nettobarwert einer Investition

Dabei bedeuten:

- „Cost Change IRIS1 vs. IRIS2“: Übernahme der Werte aus dem Arbeitsblatt „Cost Comparison“.
- „Rate of Discount“: Berechnungsfaktor für die Bestimmung des Kapitalwerts der Kostenveränderung. Die Variable „i“ steht für den Verzinsungsfaktor.
- „NPV“: Kapitalwert der Kostenveränderung für das jeweilige Jahr und Equipment. Ein negativer Kapitalwert steht für eine unrentable Investition.
- „Net Present Value C_0*) IRIS2“: Summe aller abgezinsten Kostenveränderungen über die Zeitspanne von 10 Jahren. Ein negativer Kapitalwert steht für eine unrentable Investition.

- „NPV IRIS2 considering investment cost difference between IRIS1 and IRIS2“: Berücksichtigung der Summe aller abgezinsten Kostenveränderungen über die Zeitspanne von 10 Jahren und des Kapitalwerts der Differenz der Anschaffungskosten der Alternativen im Vergleich mit dem IRIS. Ein negativer Kapitalwert steht für eine unrentable Investition.

5.3.4 O_1_D1

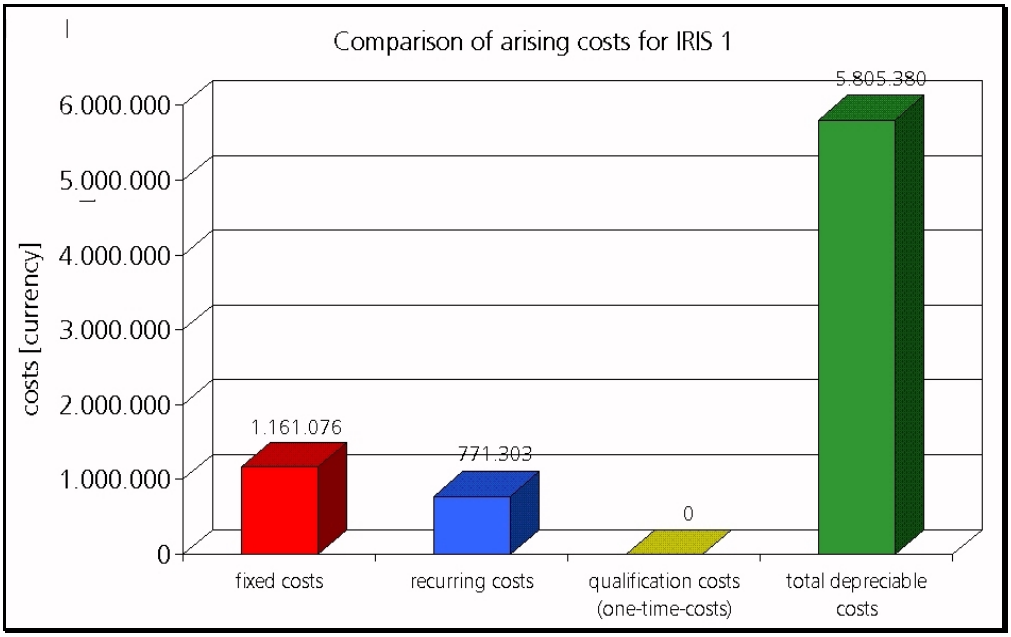


Bild 5.18 Gegenüberstellung der Kosten aus C_1 für IRIS1

5.3.5 O_1_D2

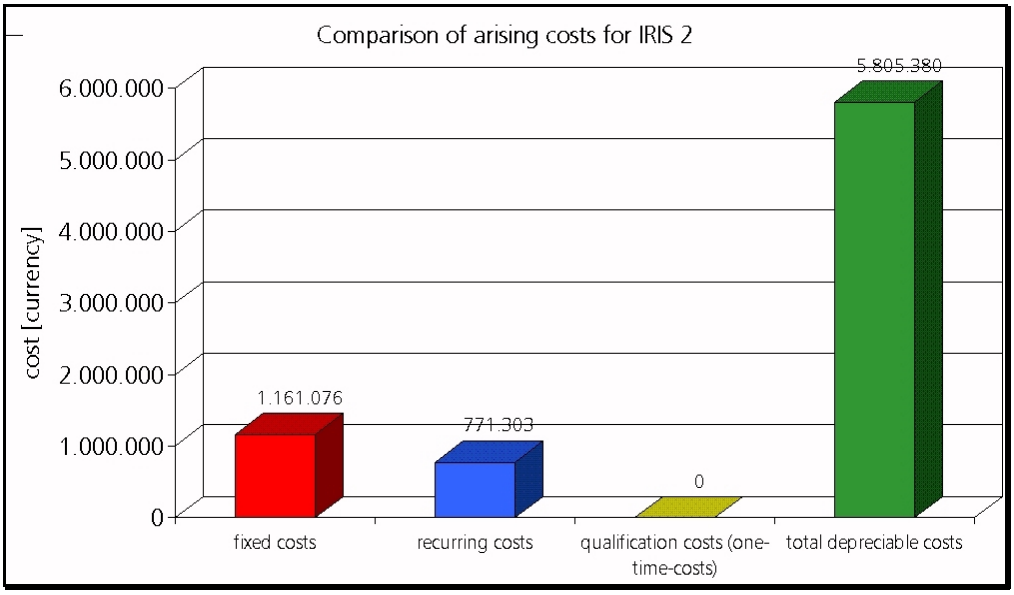


Bild 5.19 Gegenüberstellung der Kosten aus C_1 für IRIS2

5.3.6 O1_D1+2

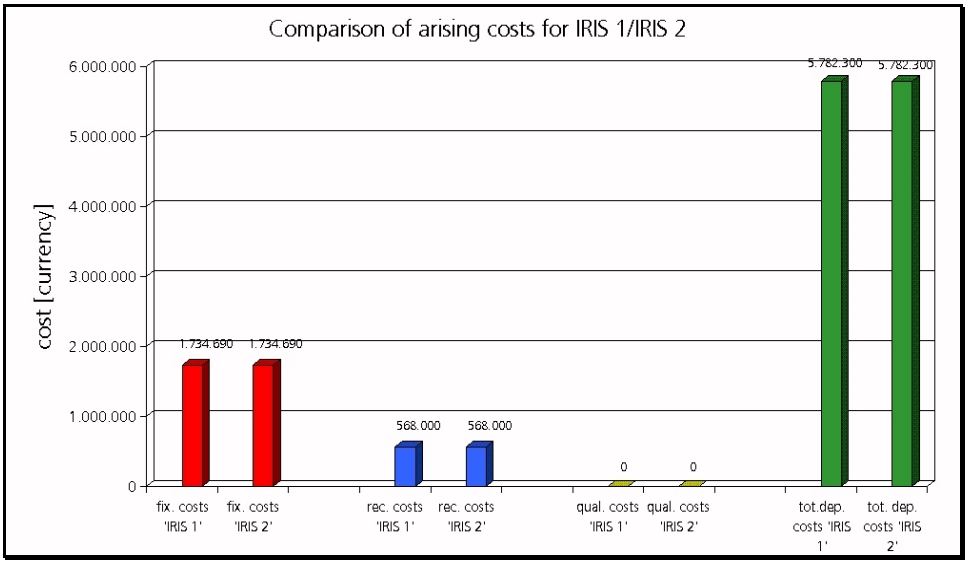


Bild 5.20 Gegenüberstellung der Kosten aus C_1 für IRIS1+2

5.3.7 Cost Driver

Im Arbeitsblatt „Cost Driver“ wird eine Kostenvergleichsmethode zwischen IRIS 1 und IRIS 2 durchgeführt.

Cost Driver Evaluation — all numerical data in the currency of: DM

	IRIS 1	IRIS 2
life of equipment	10,00	10,00
Recurring costs	568.000,00	568.000,00
Today's value of the Equipment minus salvage value at the end of "Life of Equipment", all divided by number of years, that the machine will still be used:	578.230,00	578.230,00
Interest Yield of difference between "Today's value of equipment" and "Salvage Value" at the end of "Life of Equipment"	289.115,00	289.115,00
Interest Yield of the Salvage Value after the machine's sale	0,00	0,00
Average fixed costs minus depreciable costs per year	0,00	0,00
Overall Costs related to one year	1.435.345,00	1.435.345,00
Ratio of Overall Costs Machine with factor of 1,00 - Cost Driver	1,0000	1,0000

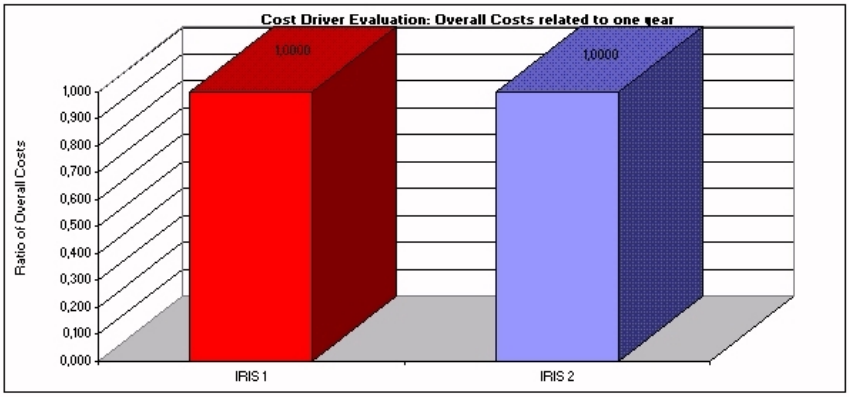


Bild 5.21 Arbeitsblatt Cost Driver

Eingabegrößen:

- Veranschlagte Nutzungsdauer
- Laufende Kosten
- Kapitalverzehr: Heutiger Istwert der Anlage abzgl. Restwert der Anlage nach Ablauf des "Tool Life", dividiert durch die noch anstehende Verwendungsdauer
- Verzinsung der Differenz zwischen Istwert des Equipments und Restwert nach Ablauf des "Tool Life"
- Verzinsung des künftigen Liquidationsreinerlöses
- Fixkosten minus Abschreibung im ersten Jahr

Ausgabegrößen:

- Vollkosten im Jahresdurchschnitt gerechnet über die Lebensdauer
- Verhältnis der Vollkosten der einzelnen Varianten zueinander. Hierbei wird die Variante mit dem größten Wert der Vollkosten

gleich dem Wert 1 gesetzt. Sie entspricht der unwirtschaftlichsten Variante.

5.3.8 Survey of Szenario

Durch Anklicken des Feldes „Blatt Aktualisieren“ wird das „Survey of Szenario“–Makro aktiviert. Dieses Makro durchsucht die Arbeitsmappe nach Kostenstellen, an denen der Anwender Szenariowerte eingegeben hat.
Die gefundenen Kostenstellen werden nach ihrer Identität sortiert und ob sie bei IRIS1 oder IRIS2 verwendet wurden.

SURVEY OF SCENARIO		Blatt Aktualisieren		
PARAMETER		IRIS 1	IRIS 2	IRIS 1 / IRIS 2
IDENTITY	NAME	szenario-value	szenario-value	default-value
I_Basic - 1. 4. 1. 5	hours per year	0	0	
I_2 - 1. 3. 4	cleanup	0		0

Bild 5.22 Survey of Szenario

5.3.9 Survey of Default

Durch Anklicken des Feldes „Blatt Aktualisieren“ wird das „Survey of Defaults“–Makro aktiviert. Dieses Makro durchsucht die Arbeitsmappe nach Kostenstellen, an denen Defaultwerte gesetzt wurden, weil der Anwender keine Eintragungen gemacht hat.
Die gefundenen Kostenstellen werden auch hier nach ihrer Identität sortiert und ob sie bei IRIS1 oder IRIS2 verwendet wurden.

SURVEY OF DEFAULTS		Blatt Aktualisieren		
PARAMETER		DEFAULT-VALUE		
IDENTITY	NAME	IRIS 1	IRIS 2	CONTROL
I_Basic - 1. 4. 1. 3	days per week	7,00	7,00	ok
I_Basic - 1. 4. 1. 4	weeks per year	52	52	ok
I_Basic - 1. 4. 2. 1. 1	customer (internal)	120	120	ok
I_Basic - 1. 4. 2. 1. 2	supplier (external)	220	220	ok
I_Basic - 1. 4. 2. 2	maintenance (customer)	80	80	ok
I_Basic - 1. 4. 2. 3	maintenance (supplier)	160	160	ok
I_Basic - 1. 4. 2. 4	operator	70	70	ok
I_Basic - 1. 4. 2. 5	supervisor	260	260	ok
I_Basic - 1. 5. 1	scheduled lifetime	10	10	ok
I_Basic - 1. 5. 2	depreciation time	5	5	ok
I_Basic - 1. 5. 3	deprecitation method	comb	comb	ok
I_Basic - 1. 5. 4	declining balance factor	30,00%	30,00%	ok
I_Basic - 1. 5. 5	interest rate	5,00%	5,00%	ok
I_Basic - 1. 5. 6	capital ressources	0	0	ok
I_1 - 1. 1. 1. 1	total area	1000	1000	ok
I_1 - 1. 1. 1. 1. 1	**tool area**	300	300	ok
I_1 - 1. 1. 1. 1. 1. 1	CR-class	10	10	ok
I_1 - 1. 1. 1. 1. 1. 2	filter area proportion	100	100	ok
I_1 - 1. 1. 1. 1. 2	**operator area**	700	700	ok

Bild 5.23 Survea of Default

6 Benutzerführung

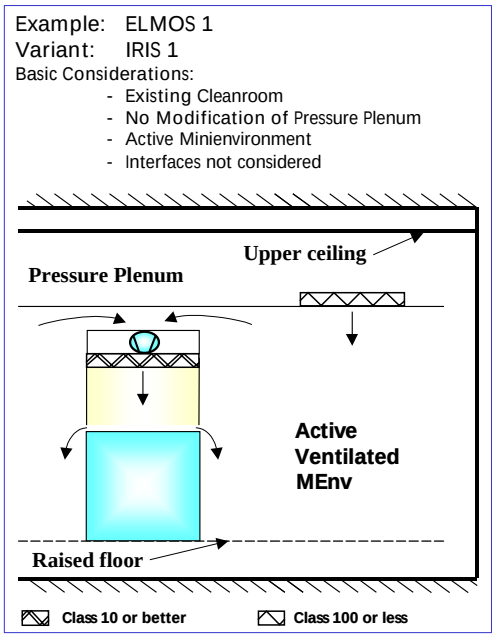
Um die Handhabung des Kostenmodells für den Anwender zu vereinfachen, wurde in Visual Basic eine über Eingabemasken gesteuerte Benutzerführung programmiert. Funktion der Benutzerführung und Installationsanleitung der Software sind in der Datei "BENUTZERFÜHRUNG:DOC" erläutert.

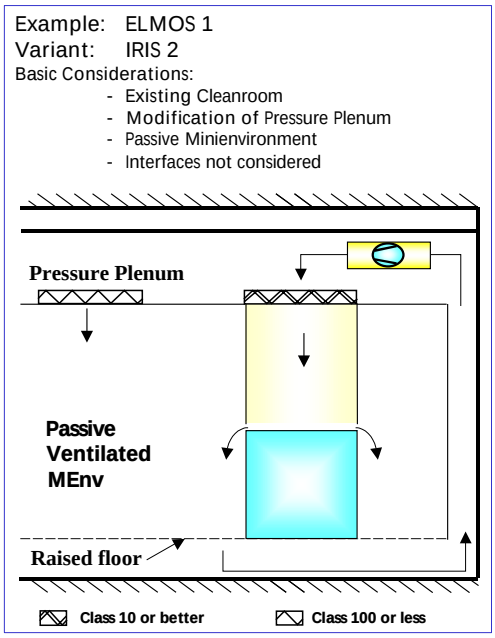
7 Verifizierung anhand von Beispielen

In den folgenden Beispielen wurden verschiedene, bei den Projektpartnern im Rahmen dieses Projektes konzipierte, realisierte oder modifizierte Reinheitssysteme mit dem Kostenmodell durchgerechnet.

7.1 Beispiel 1: Einhausen eines Fertigungsgerätes

In Beispiel 1 war die Aufgabe, eine Maschine einzuhausen, um lokal eine bessere Reinheitsklasse zu erzielen. Die Maschine steht in einem Reinraum mit Druckplenum und Doppelboden.
Verglichen wird aktives mit passivem Minienvironment.





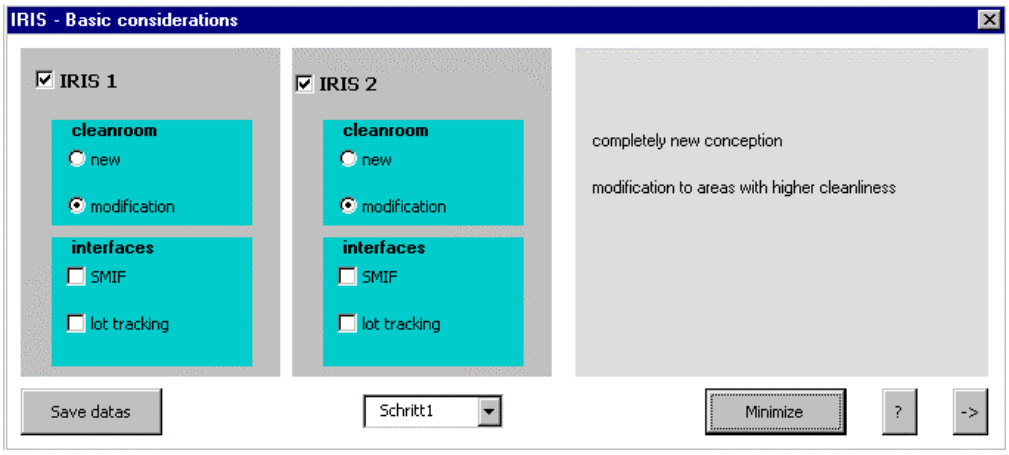
Bei Variante IRIS 1 wurde die Einhausung mit einem FFU (Filter Fan Unit) ausgerüstet. Dies hat folgende Vorteile:

- Unabhängigkeit vom Deckenraster
- Umgebender Reinraum muß nicht verändert werden
- Strömungsgeschwindigkeit in der Einhausung kann unabhängig vom umgebenden Reinraum geregelt werden.

Bei Variante IRIS 2 wurde die Einhausung an das Deckenraster angeschlossen und es wurde der Filter getauscht. Vorteil hiervon:

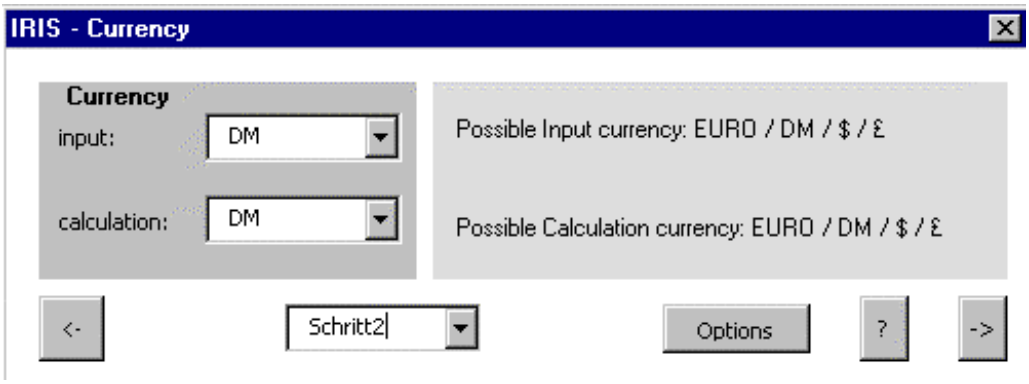
- Der Tausch des Filterelementes erfordert möglicherweise keine Nachregelung der Umluftanlage, da moderne Filter trotz höherer Abscheidung einen geringeren Druckverlust haben.
- Einsparung der teuren FFU

Schritt1



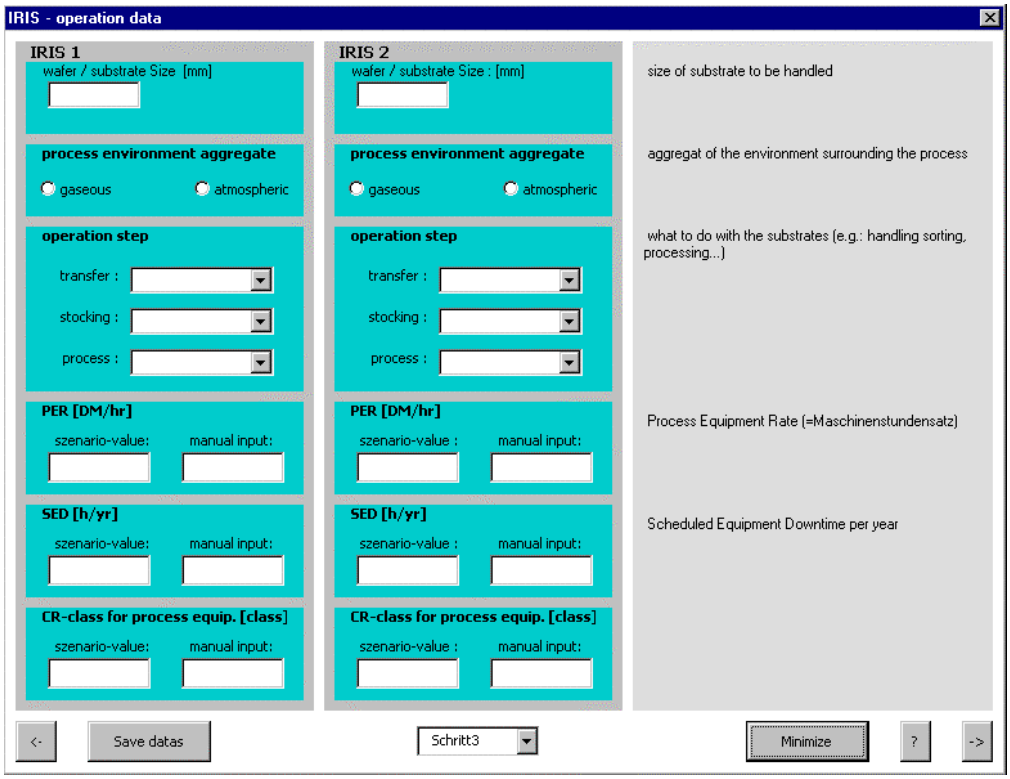
Bei beiden Systemen wird eine Veränderung durchgeführt(Einhausung), deswegen „Modification"

Schritt2



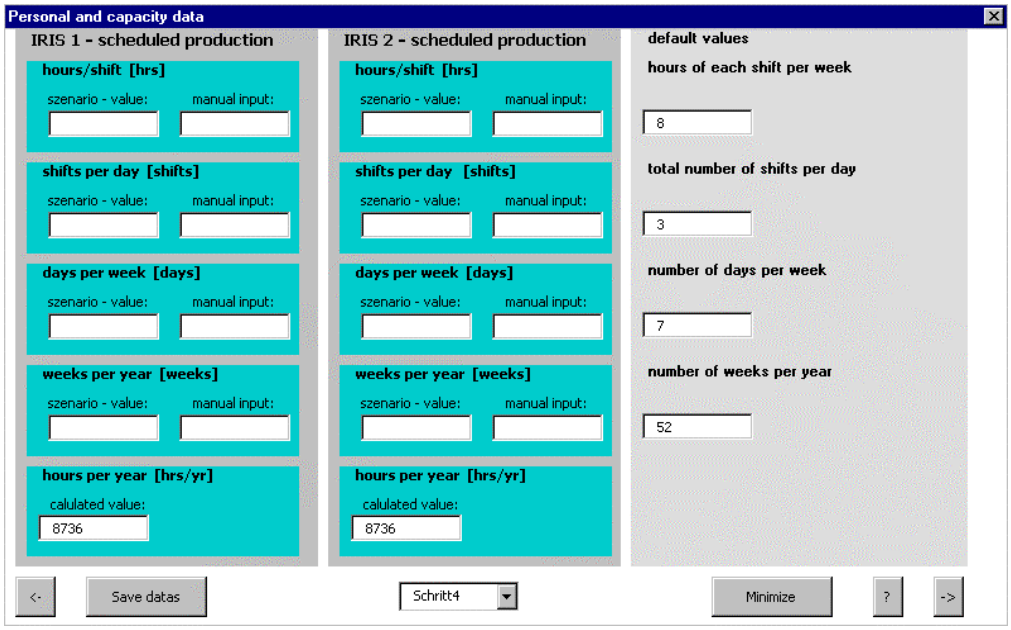
In Schritt2 wird die Währung für Input und Calculation eingegeben

Schritt3



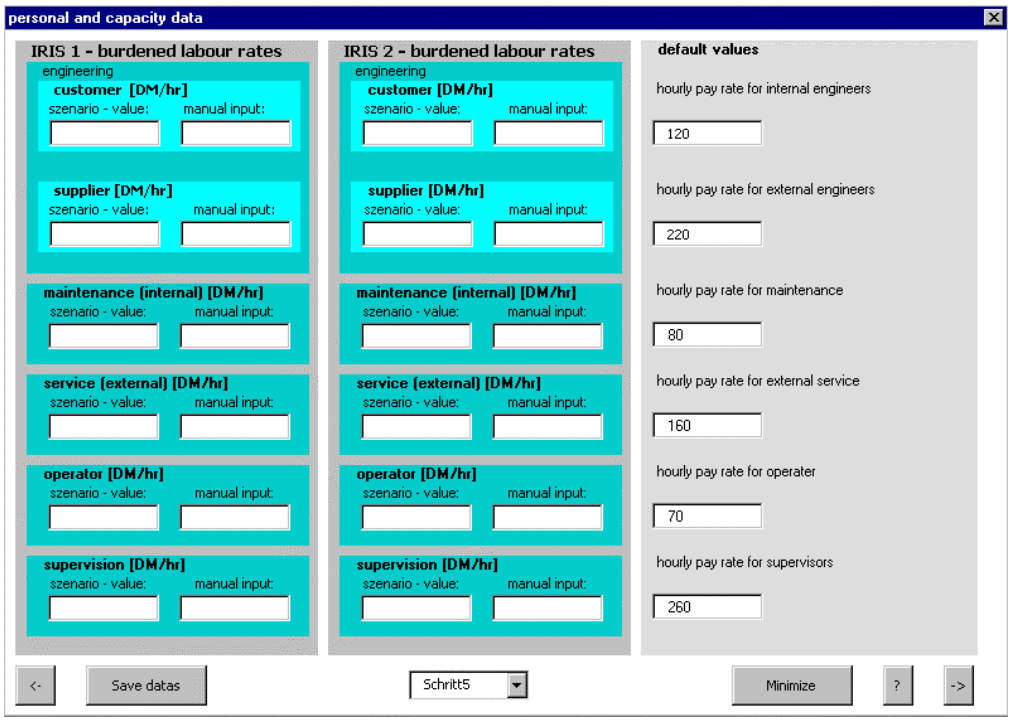
Schritt3 enthält Informationen die nicht an der Rechnung teilnehmen, deswegen wurde keine Eintragung gemacht.

Schritt4



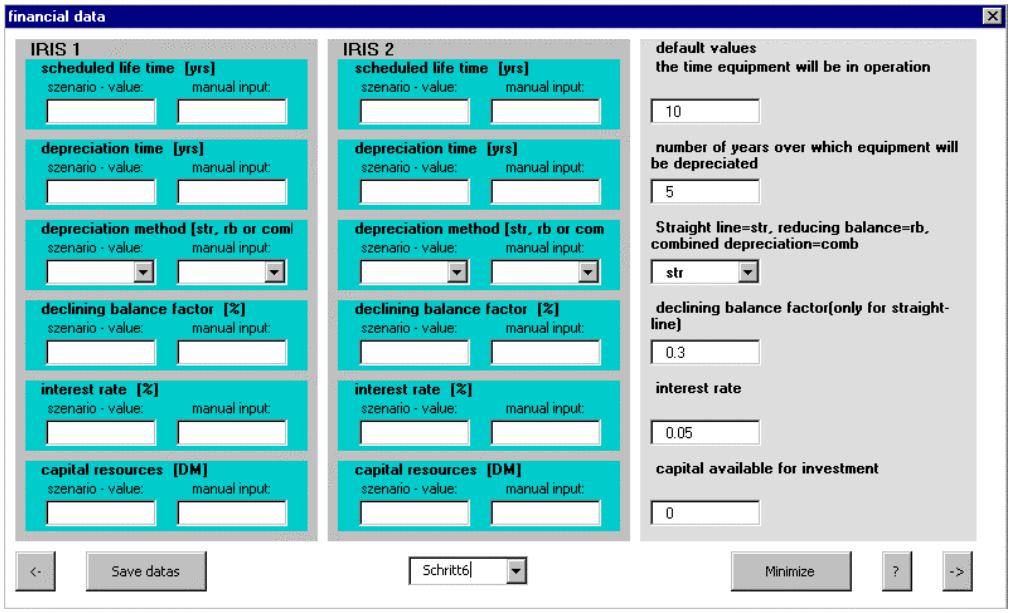
Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen.

Schritt5



Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen.

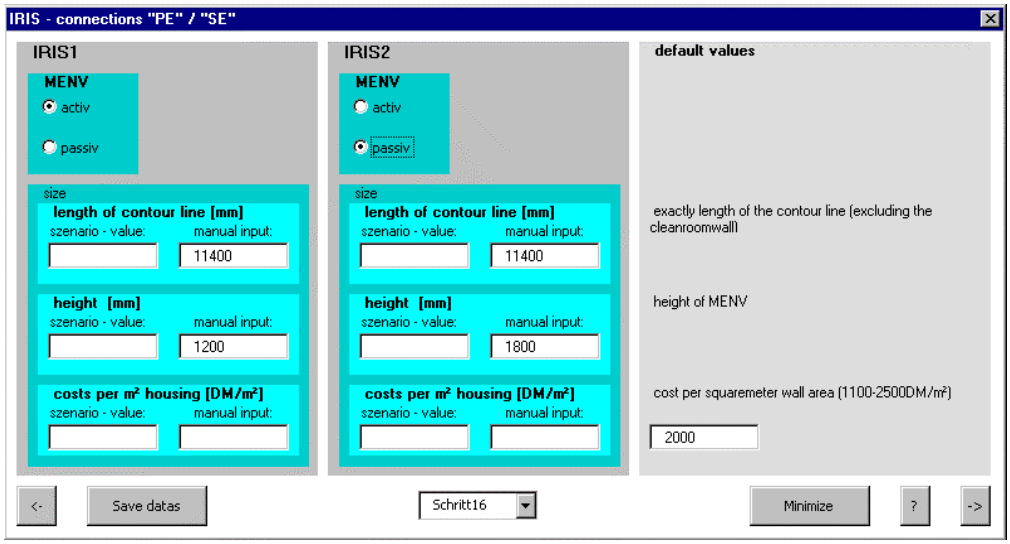
Schritt6



Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen.

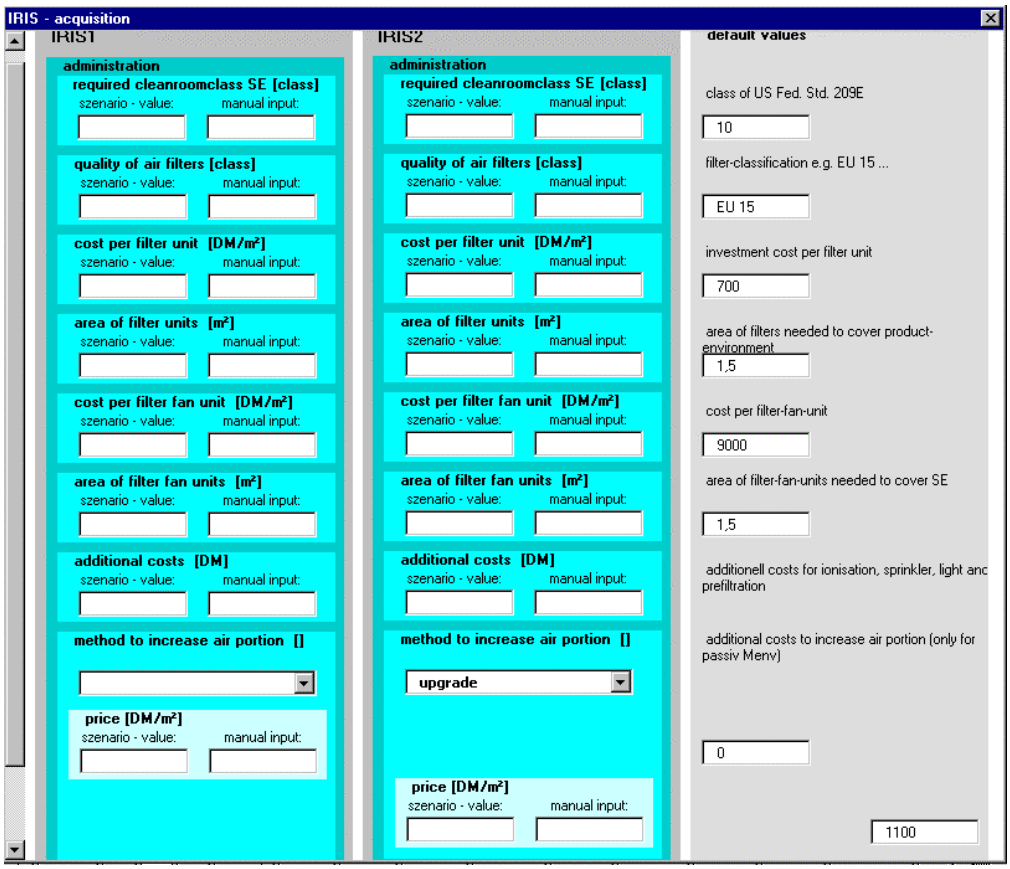
Schritte7-15 entfallen da kein Neubau

Schritt16



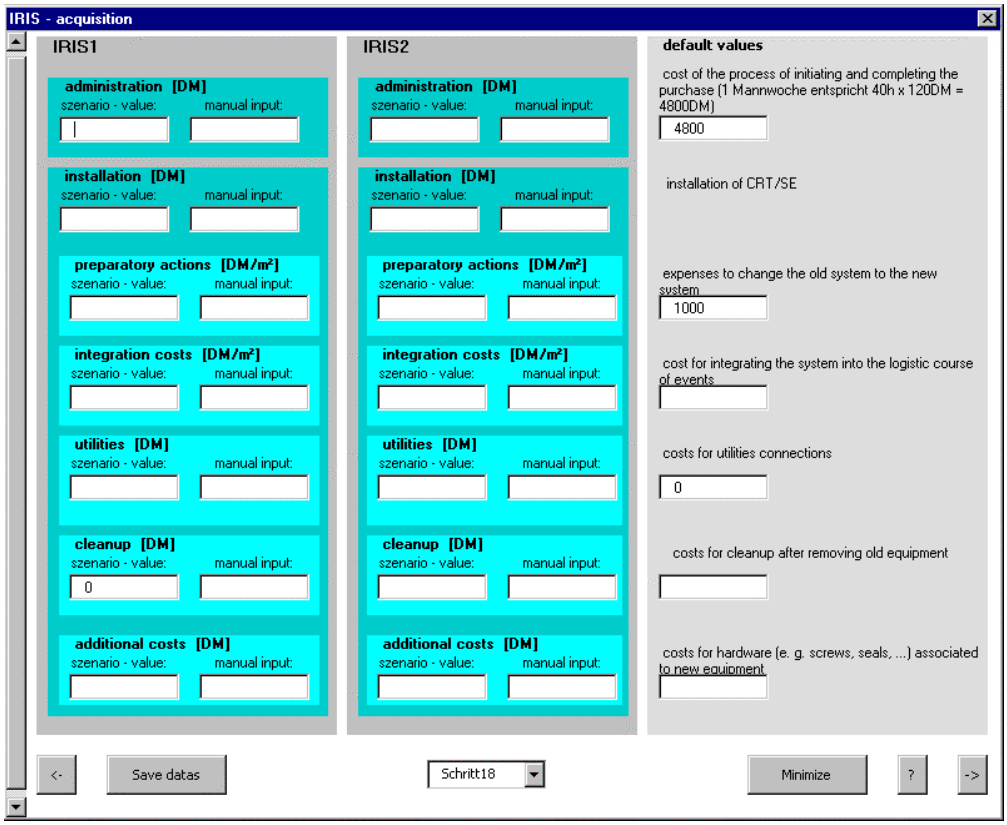
Aktive Einhausung hat niedrigere Bauhöhe.

Schritt17



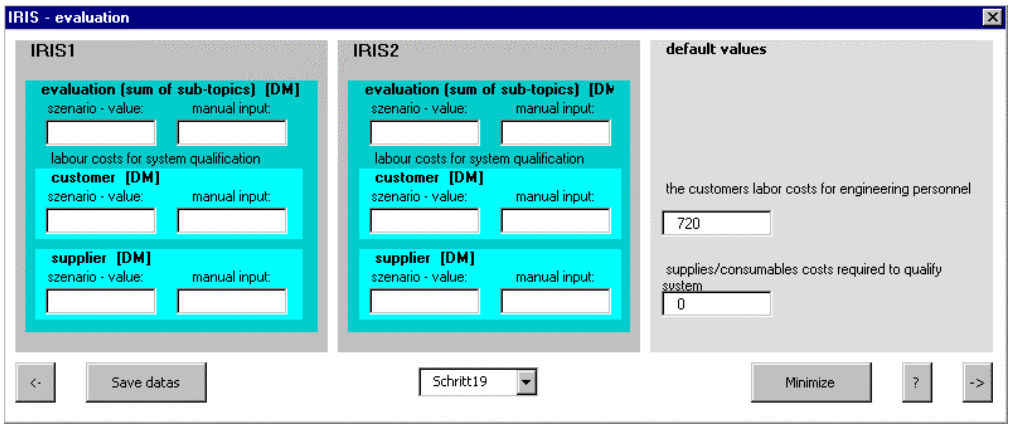
Passive Einhausung benötigt eine Erhöhung der Luftmenge durch Umluftanlage.

Schritt18



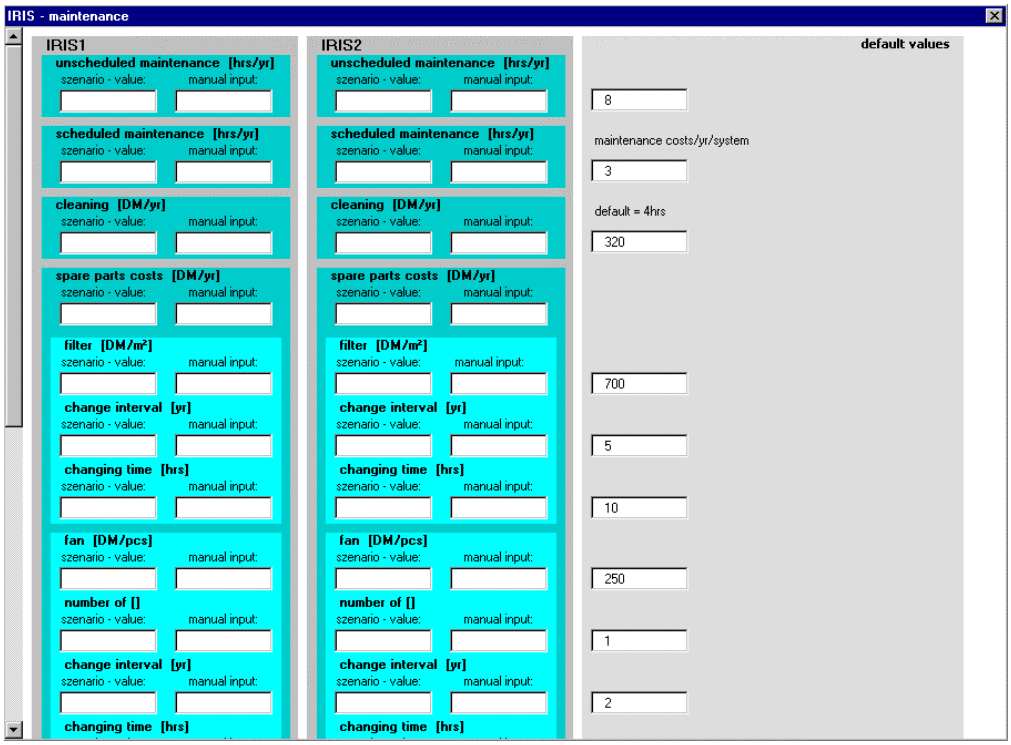
Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen.

Schritt19



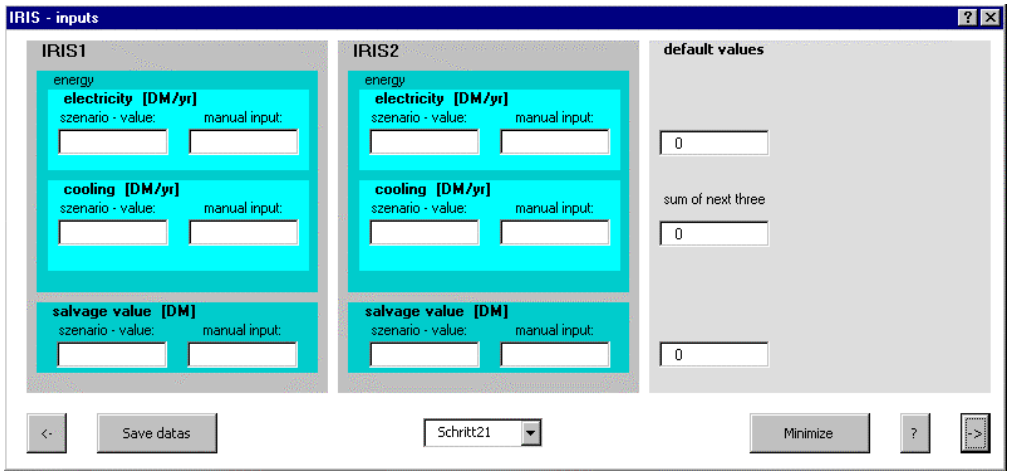
Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen.

Schritt20



Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen.

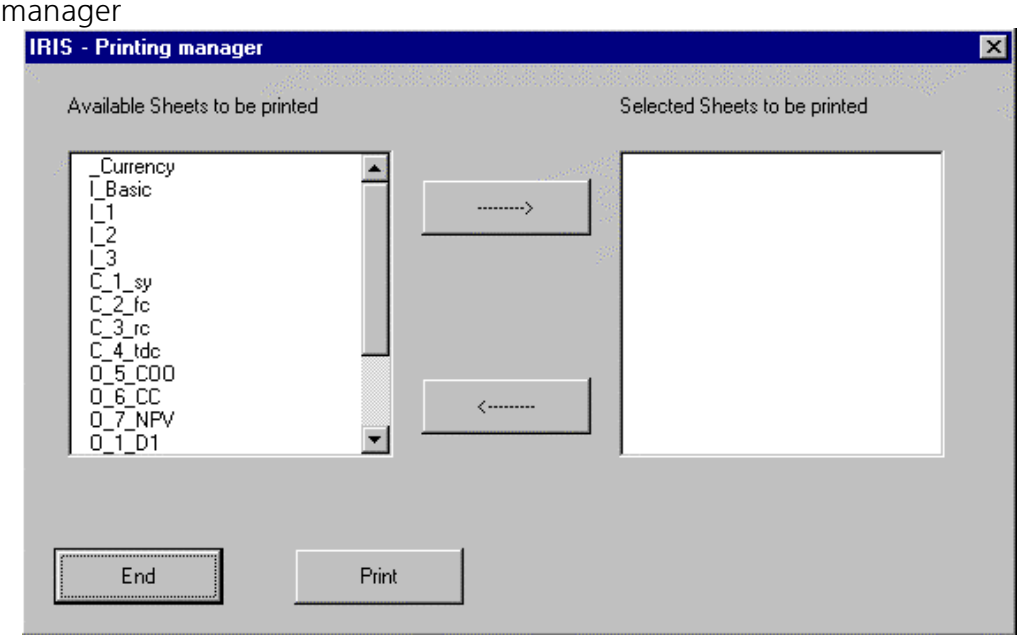
Schritt21



Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen.

Schritt22-26 entfallen da in Schritt1 keine Applikationen gewählt wurden.

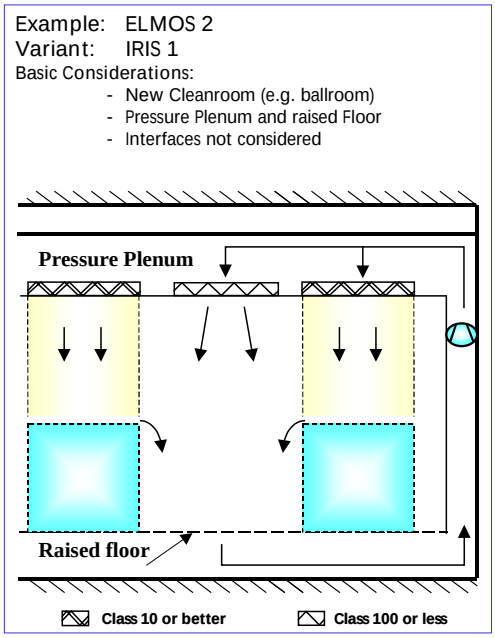
Printing manager

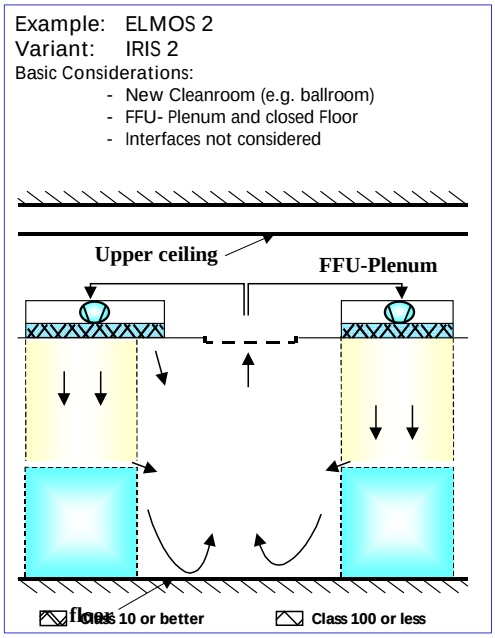


Berichterstellung durch den „Printing manager"

7.2 Beispiel 2: Neubau eines Reinheitssystems

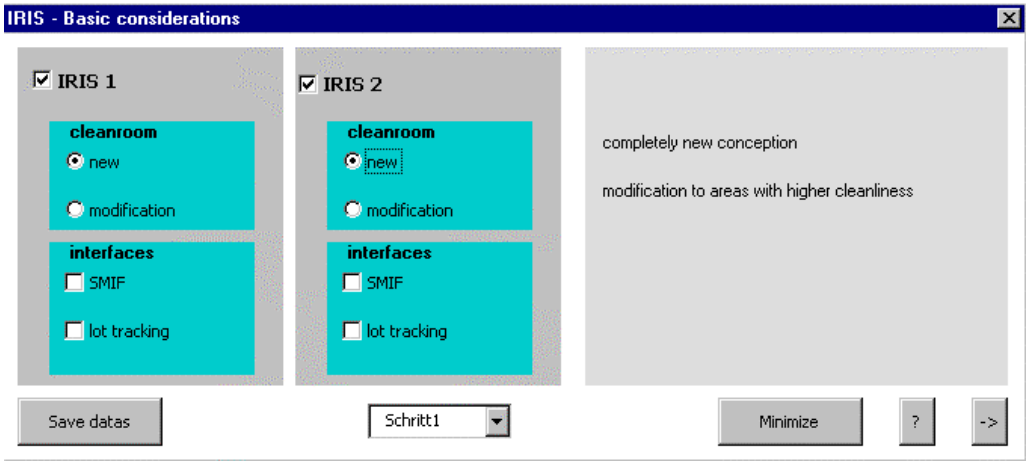
In Beispiel 2 werden zwei unterschiedliche Konzepte für einen Reinraumneubau betrachtet.





Hier wird ein Reinraum mit Druckplenum mit einem Reinraum mit FFU-Plenum (Unterdruckplenum) verglichen.
Variante IRIS 1 ist ein Ballroom mit Druckplenum, Doppelboden und zentraler Umluftanlage, aber unterschiedliche Filterelemente für Tool- und Operator-Bereich.
Variante IRIS 2 ist ein Ballroom mit FFU-Plenum und ohne Doppelboden, wobei die FFU's über den Tools angeordnet sind. Die Reinheit im Operator-Bereich soll durch die Abluft des Toolbereichs gewährleistet werden.

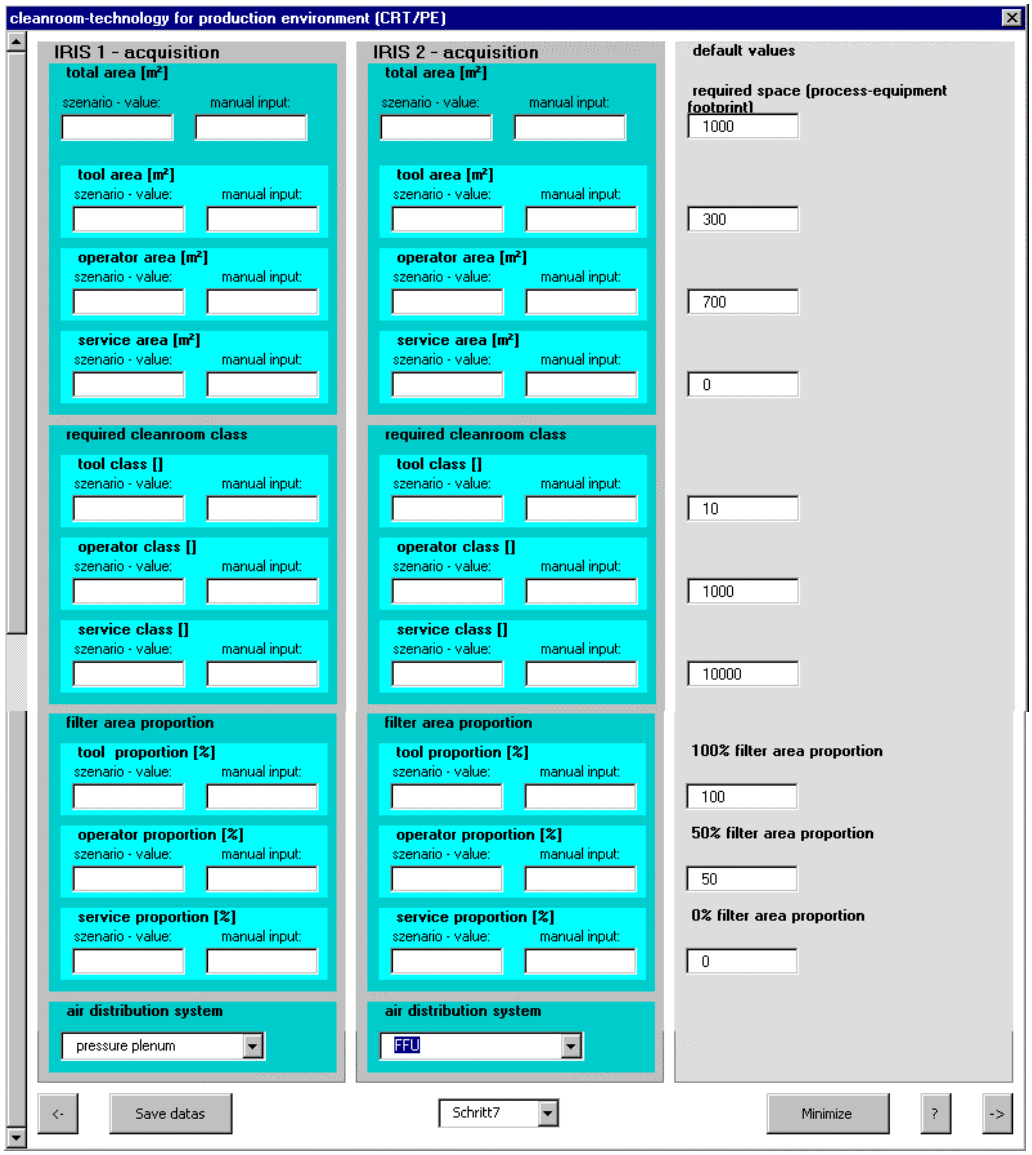
Schritt1



Es werden zwei Systeme von Reinraumneubauten verglichen, deswegen „new".

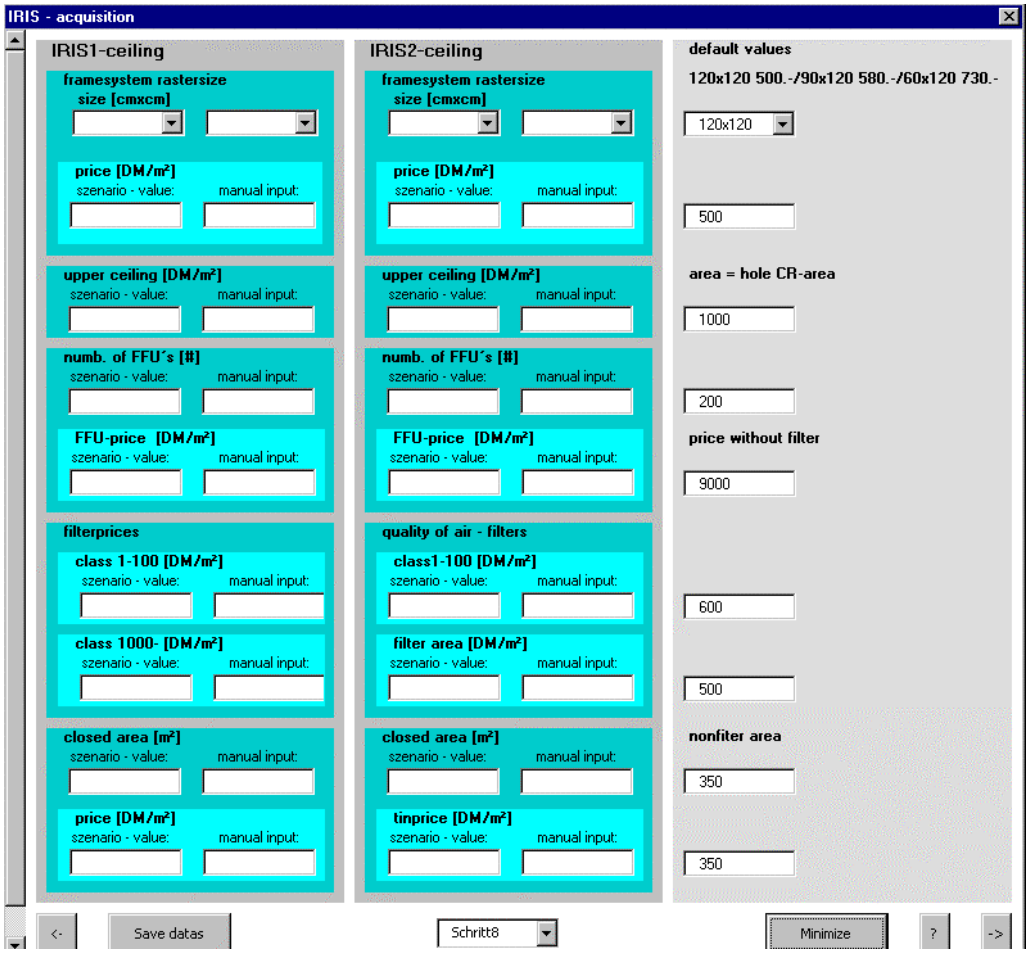
Schritt2-6: Analog zu Beispiel 1

Schritt7



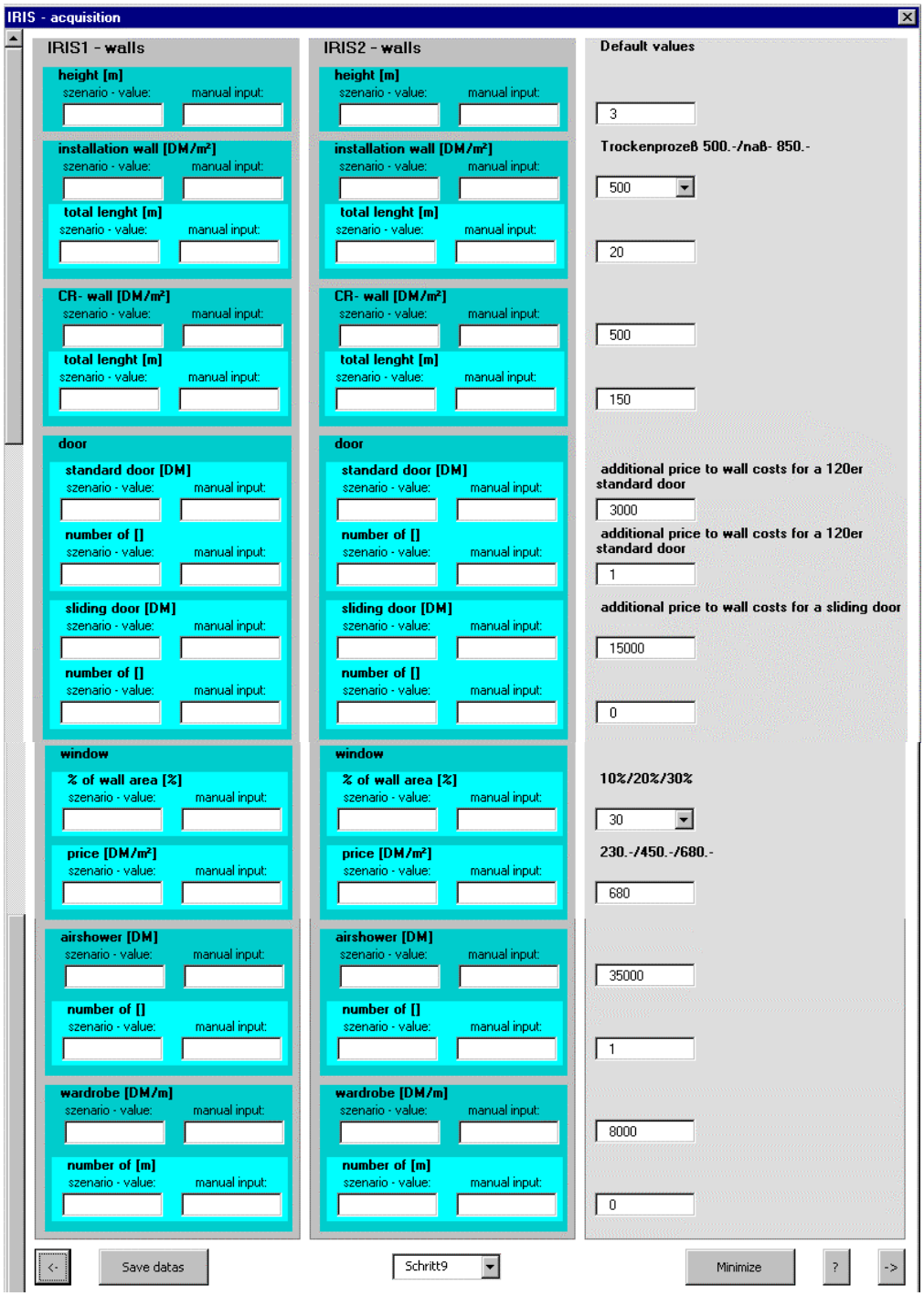
Variante1 mit Druckplenum, Variante2 mit FFU-Plenum

Schritt8



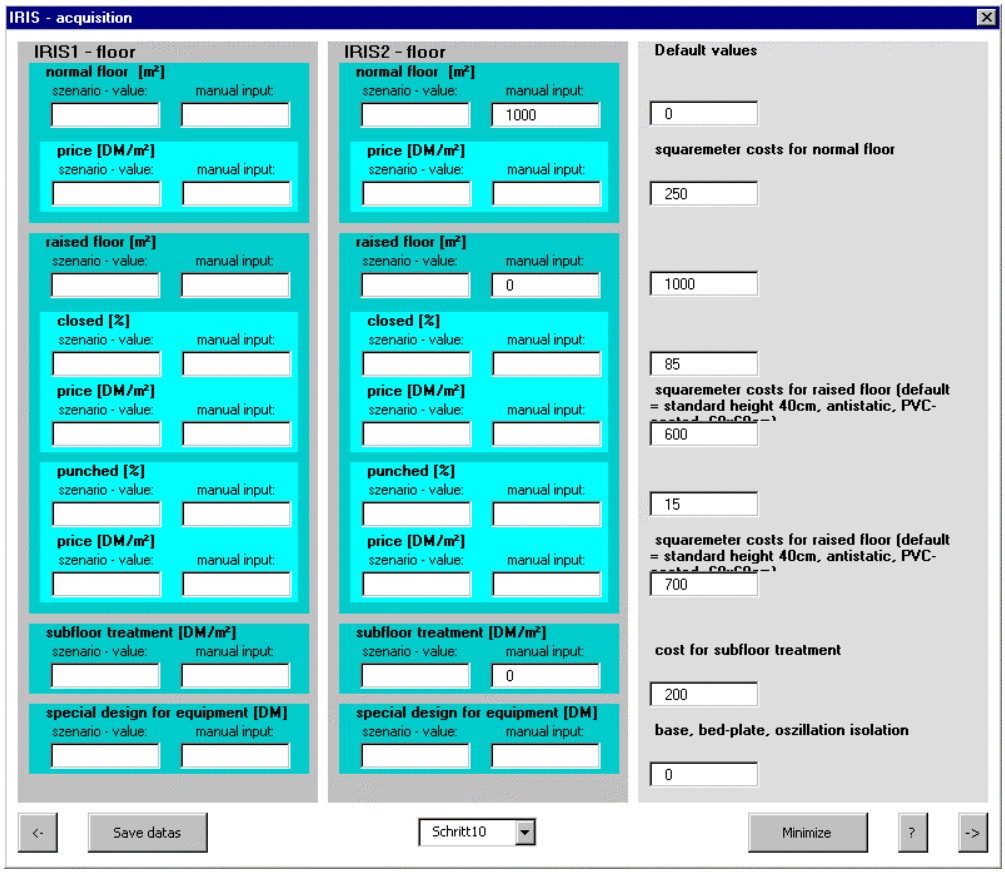
Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen.

Schritt9



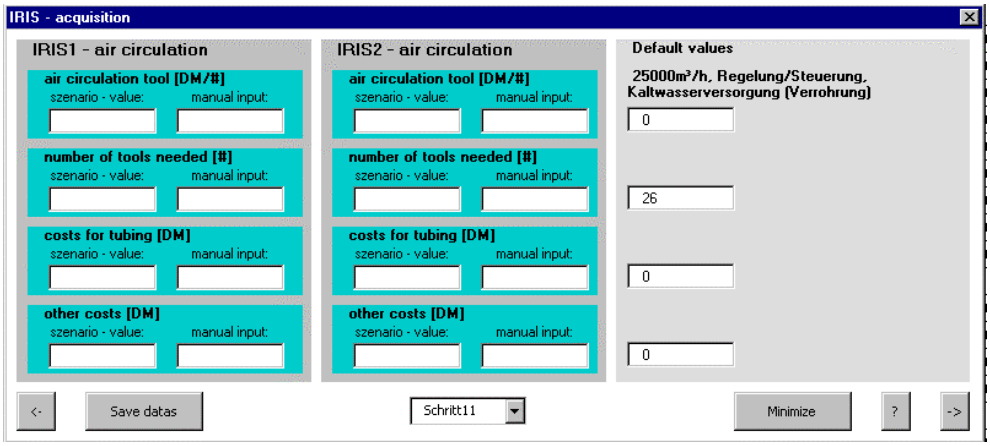
Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen.

Schritt10



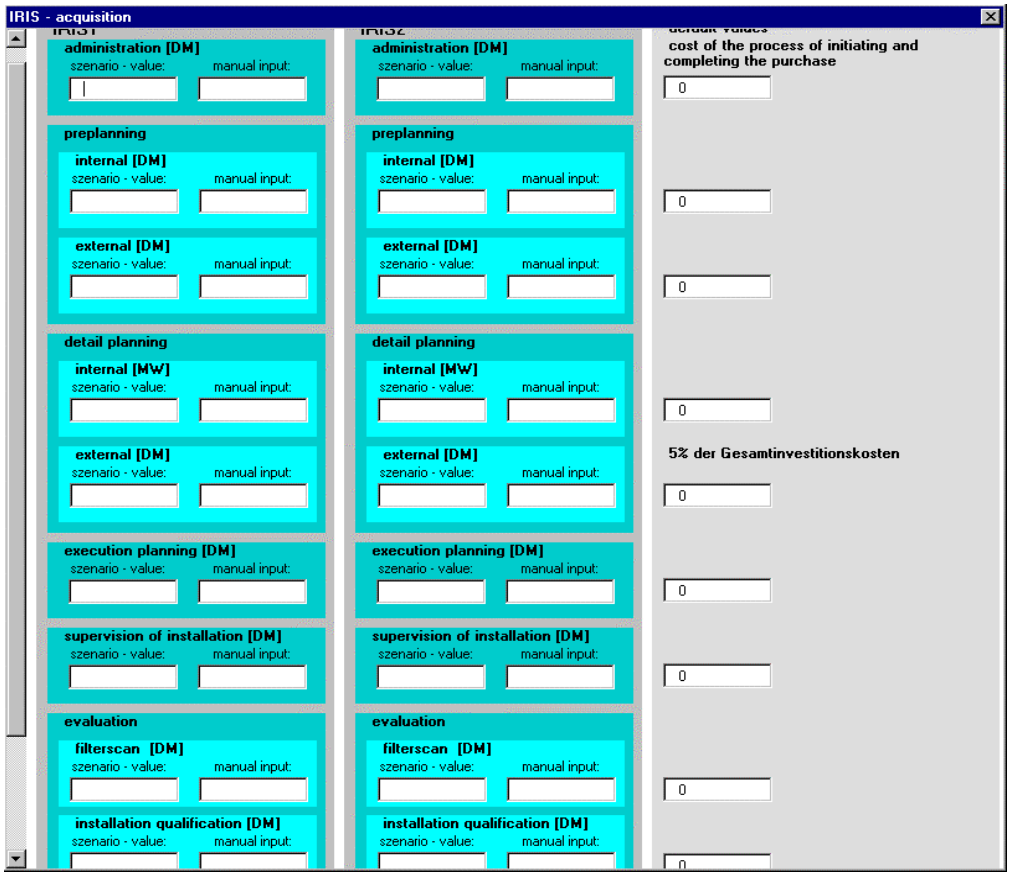
Variante2 hat keinen Doppelboden, deswegen auch keine Unterbodenbehandlung.

Schritt11



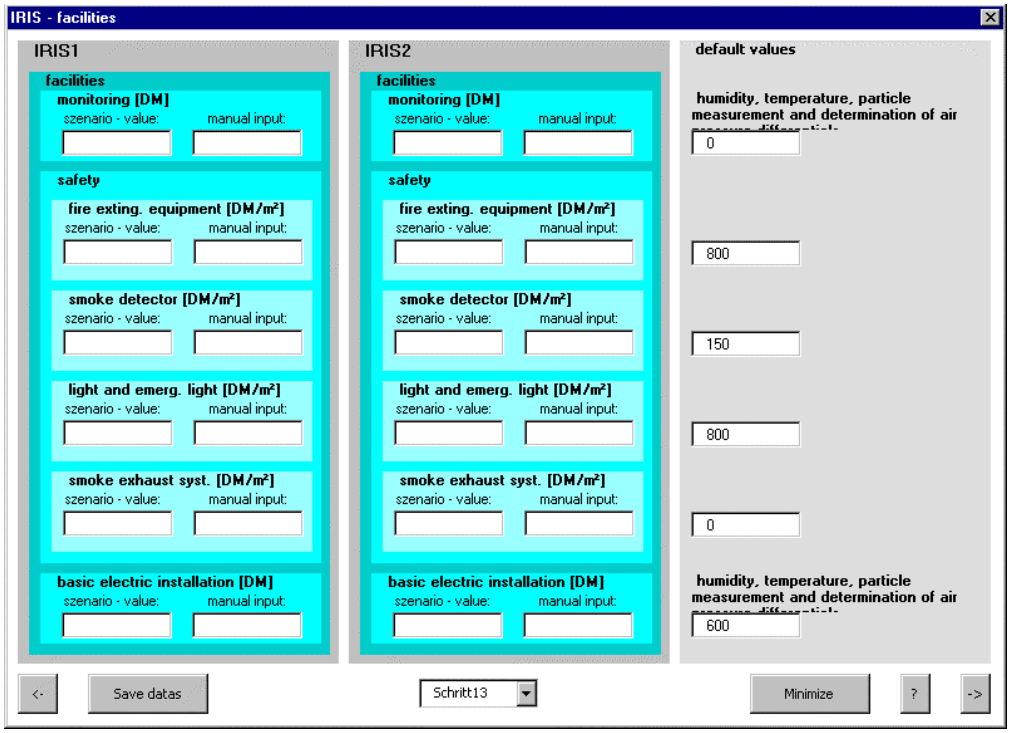
Kosten für Umluftgeräte nur bei Variante1

Schritt12



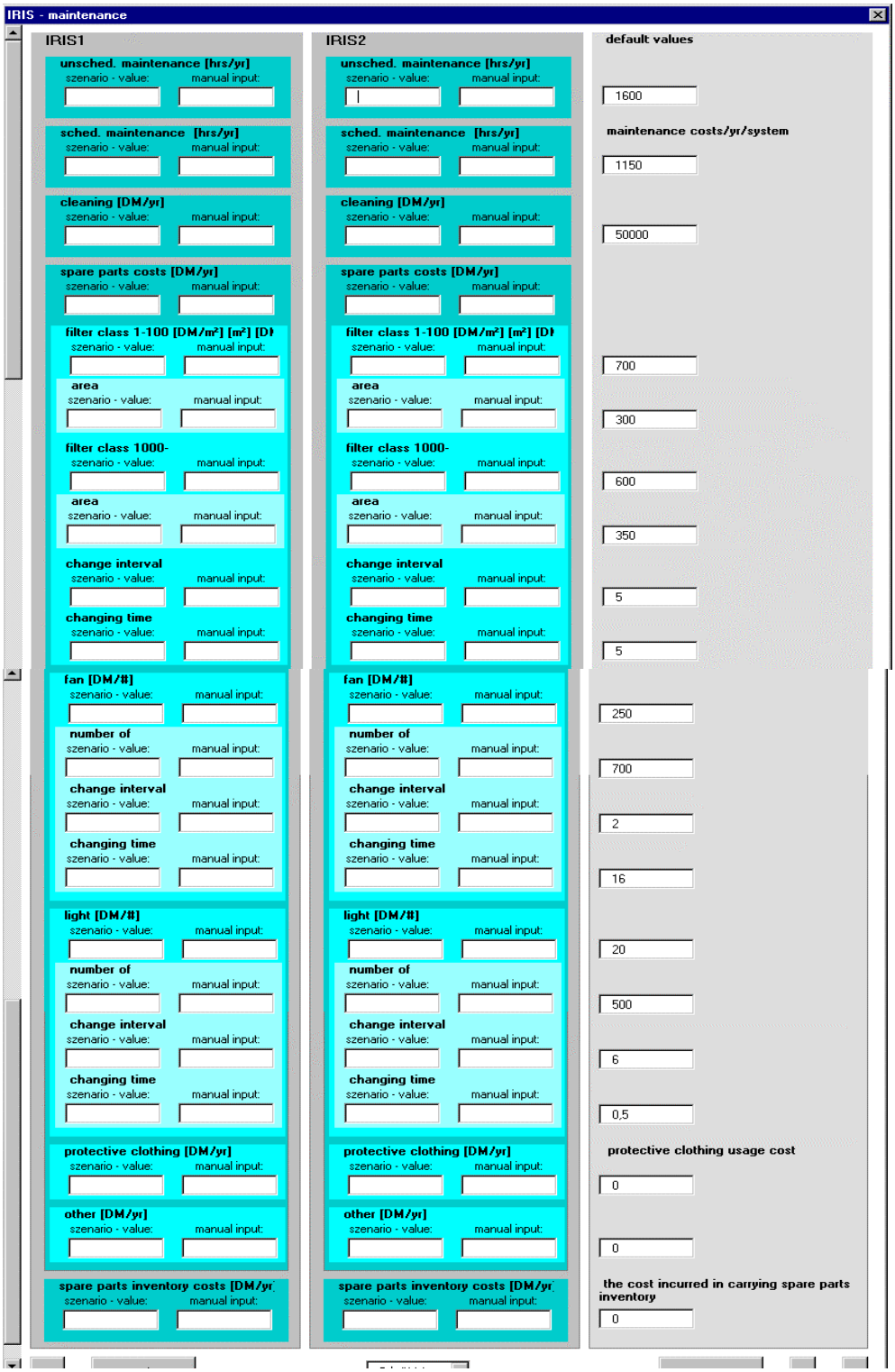
Keine Datensätze, aber vermutlich ähnlich

Schritt13



Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen.

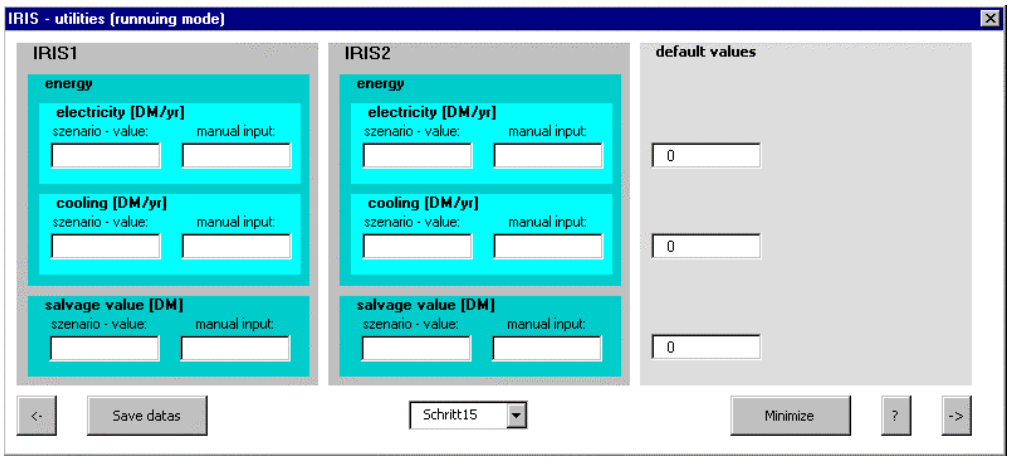
Schritt14



Für beide Systeme wurde der Defaultwerte-Satz übernommen. An manchen Stellen werden, abhängig davon was in den vorhergehenden Schritten ausgefüllt wurde, unterschiedliche

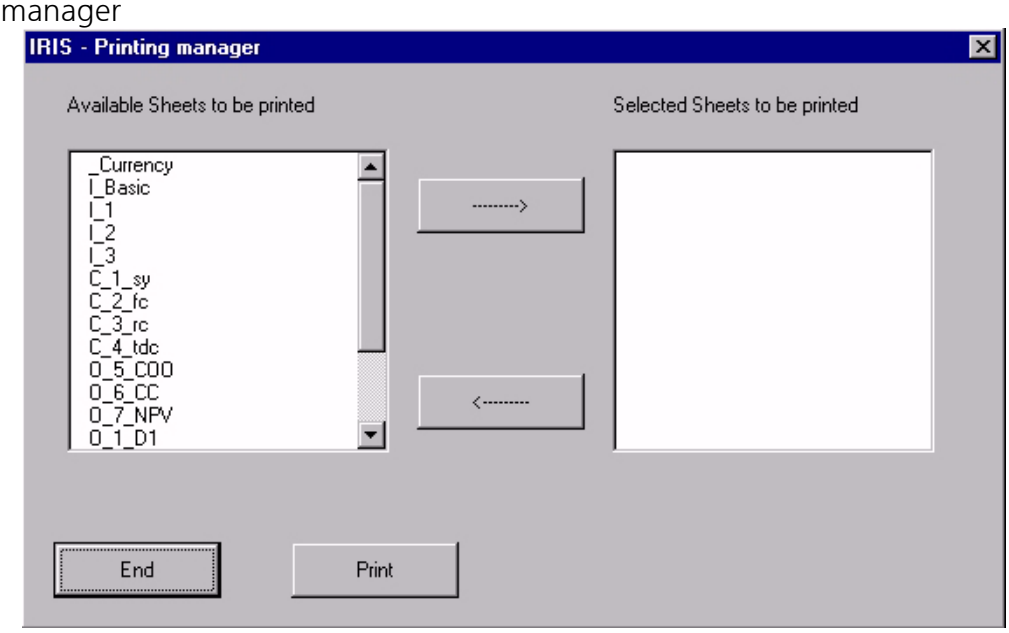
Defaultwerte für die beiden Varianten gesetzt Diese Werte sind hier nicht sichtbar und können nur in der Arbeitsmappe editiert werden.

Schritt15



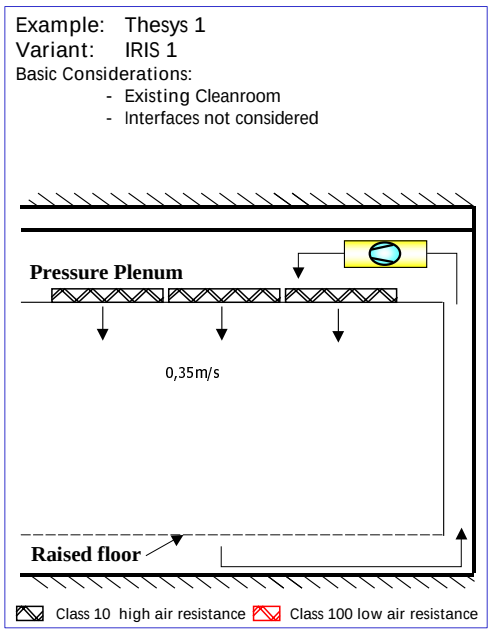
Schritte16-26 entfallen, da Neubau ohne Applikationen

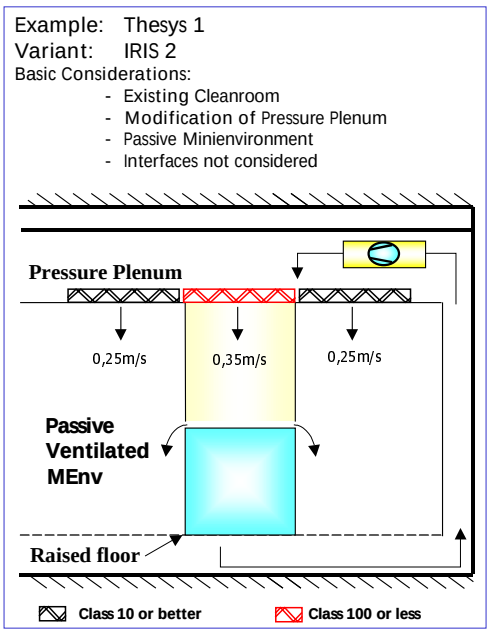
Printing manager



7.3 Beispiel 3: Lokaler Umbau eines Reinraumes

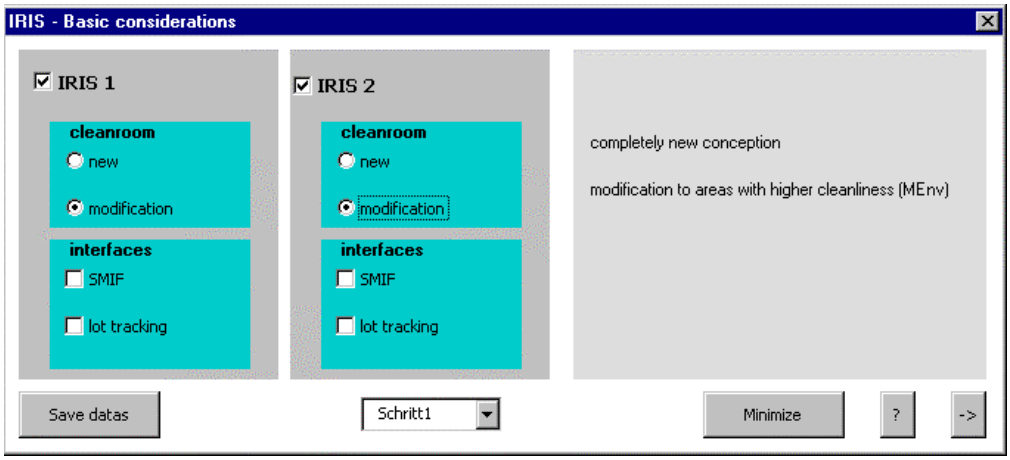
In Beispiel 3 soll ein Tool in einen bereits vorhandenen Reinraum eingehaust werden, mit dem Ziel die Reinheitsklasse des Reinraumes zu senken, da für die anderen Tools in diesem Raum niedrigere Anforderungen ausreichen.





Variante IRIS 1: Ursprünglicher Reinraum mit höherer Reinheitsklasse, Druckplenum, Doppelboden und zentraler Umluftanlage.
Variante IRIS 2: Gleicher Reinraum mit passiv eingehauster Maschine. Allerdings wurde das Filterelement über der Einhausung durch ein neues ersetzt, das einen niedrigeren Druckverlust bei gleicher Reinheitsklasse hat. Dadurch konnte die Umluftanlage heruntergefahren werden, was zu einer erheblichen Energieersparnis führte.
Letztendlich werden hier die hohen Energiekosten von Variante IRIS 1 mit den Investitionskosten von Variante IRIS 2 verglichen.

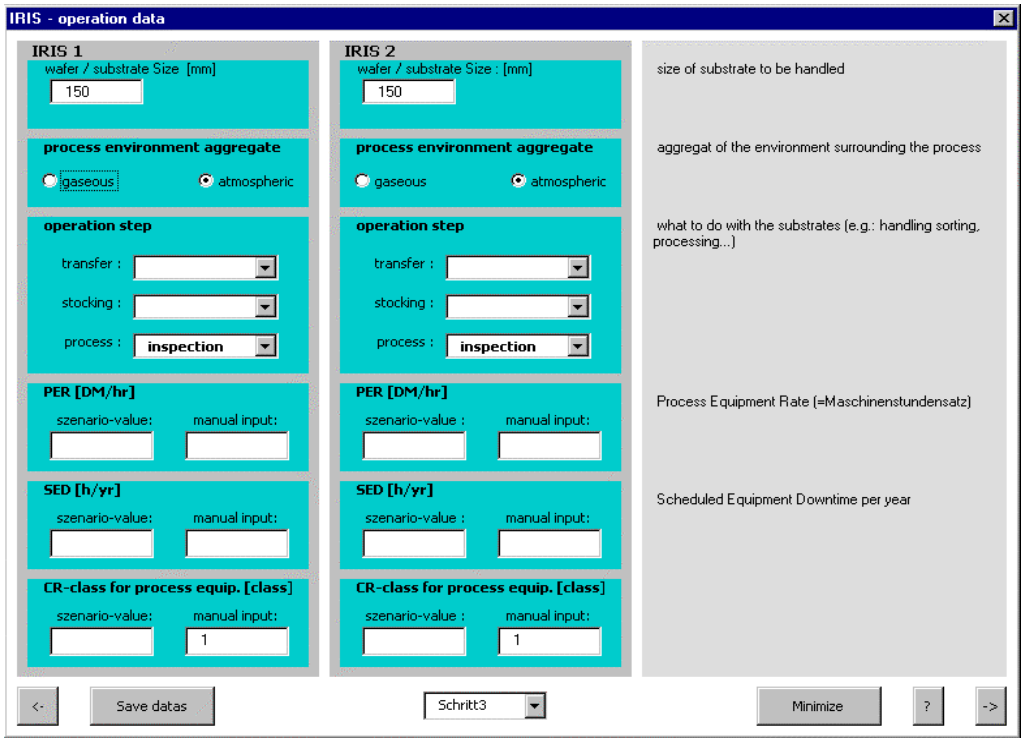
Schritt1



Bei Variante1 wurde „modification“ angeklickt obwohl keine Veränderung stattfindet. Dies ist notwendig, da sonst die folgenden Blätter nicht editiert werden können.

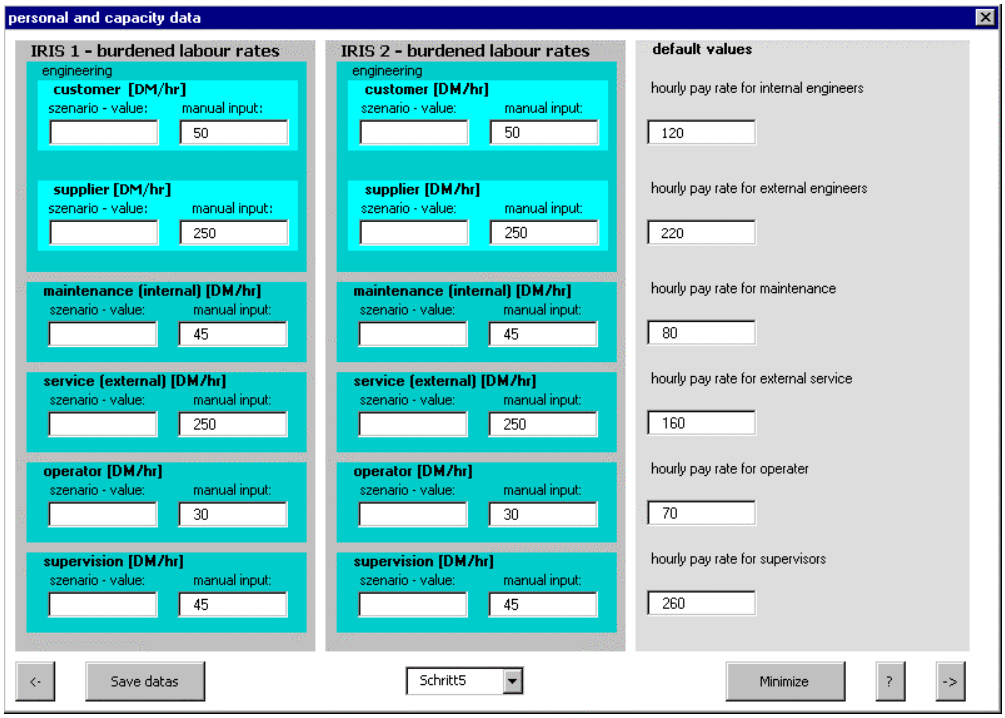
Schritt2 wie Bsp.1

Schritt3



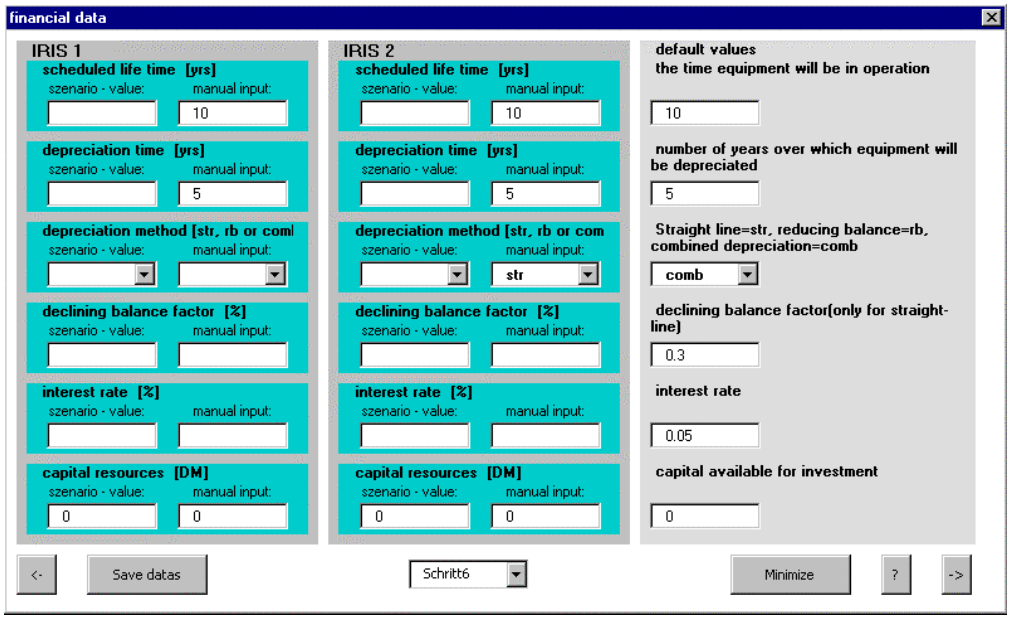
Schritt4 wie Bsp.1

Schritt5



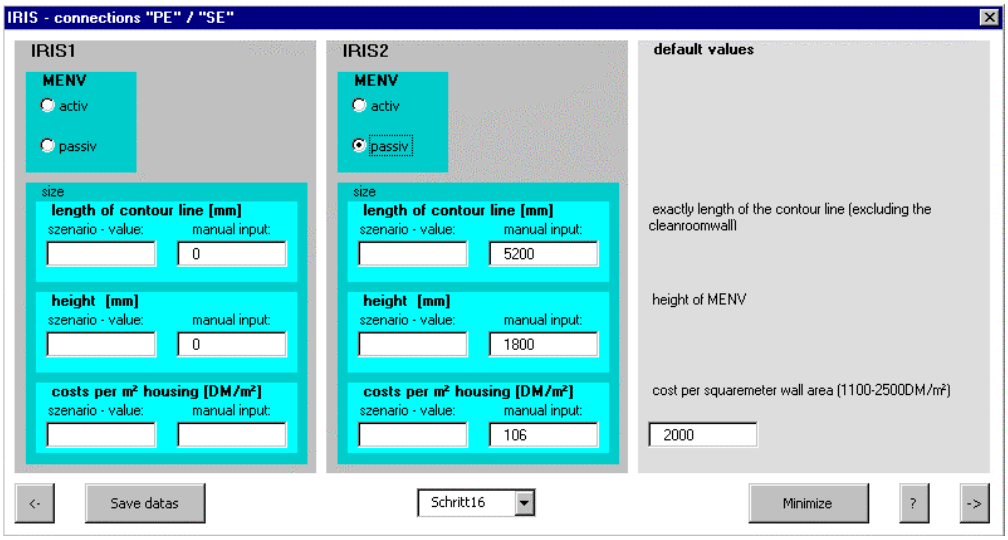
Stundensätze anders wie Default, aber für beide Variante gleich.

Schritt6



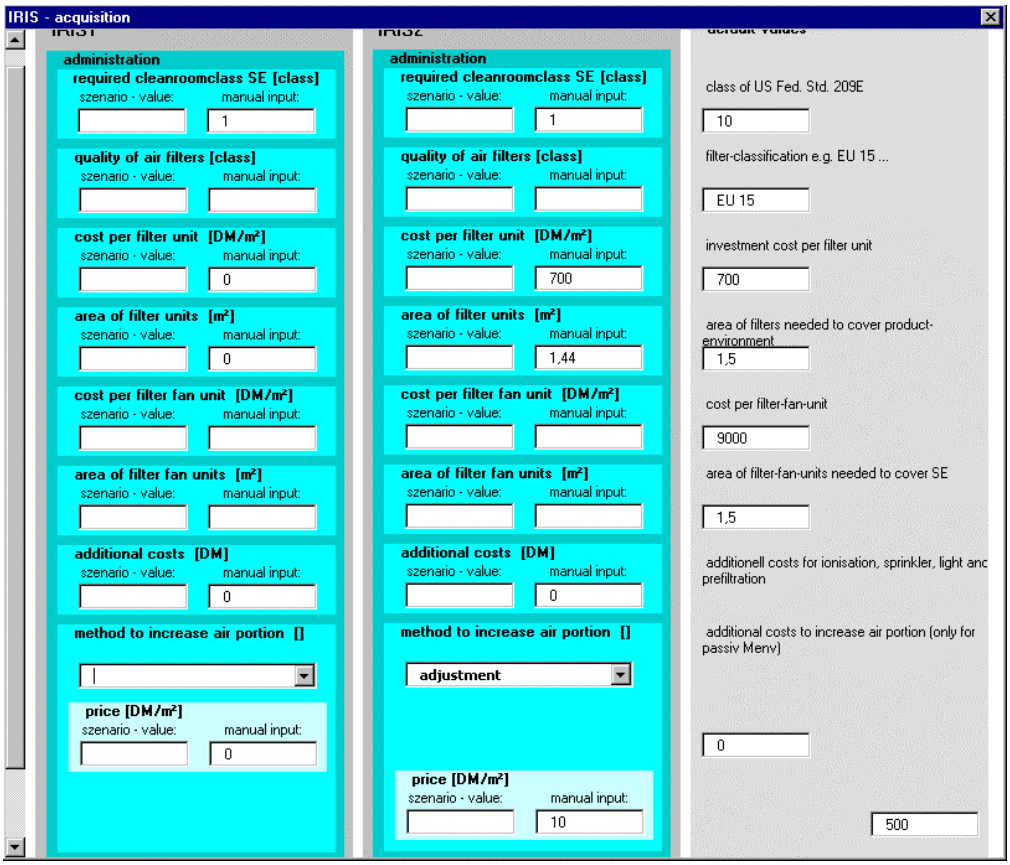
Schritte7-15 entfallen, da kein Neubau

Schritt16



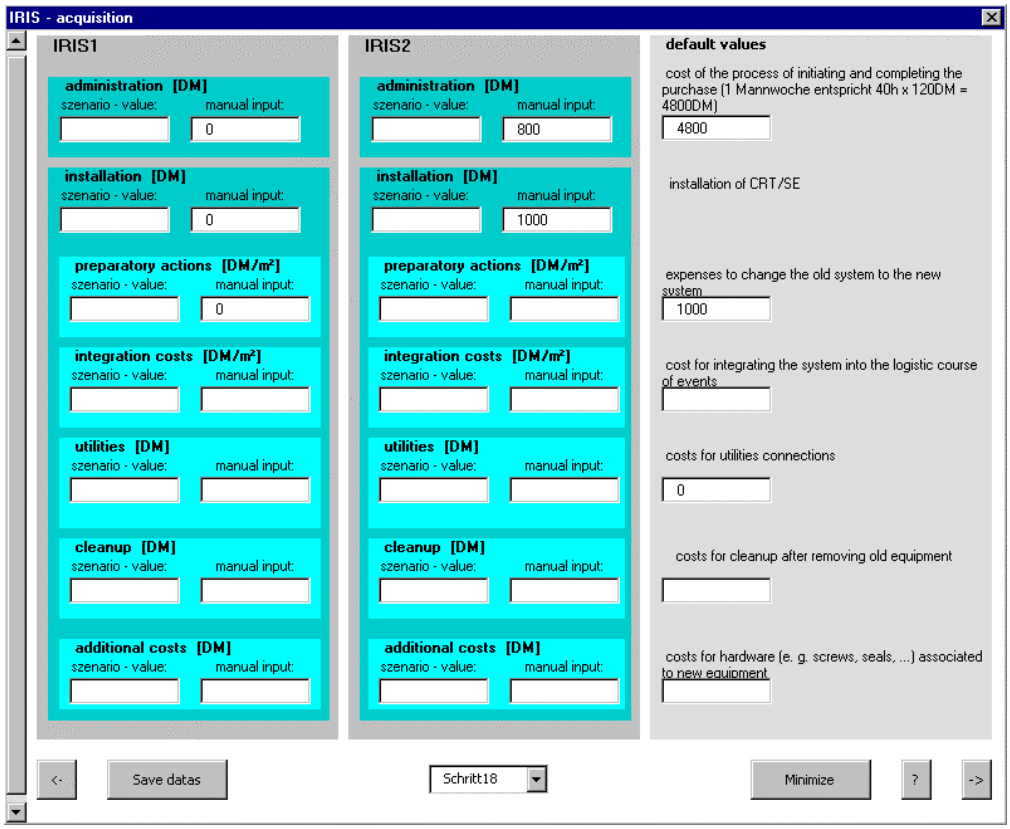
Eintragung nur für Variante2, Kosten für die Einhausungsfläche.

Schritt17



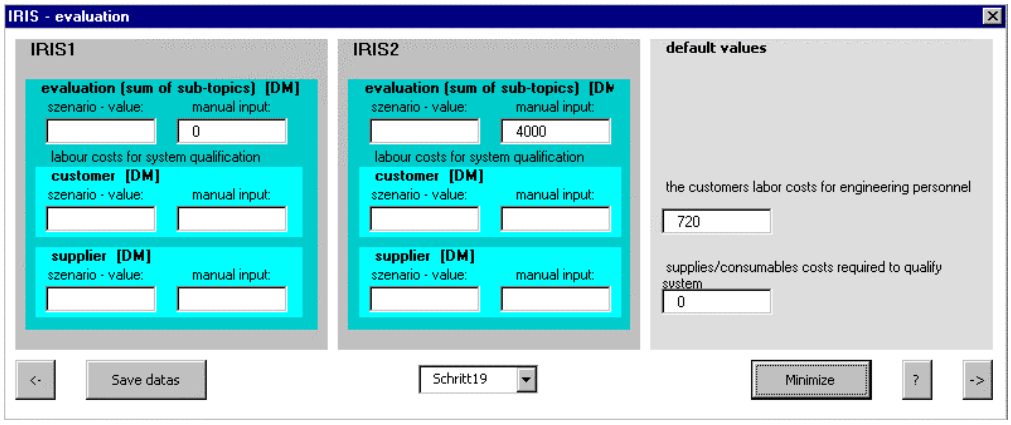
Auswechseln der Filterelemente innerhalb der Einhausung einschließlich Nachregelung der Umluftanlage

Schritt18



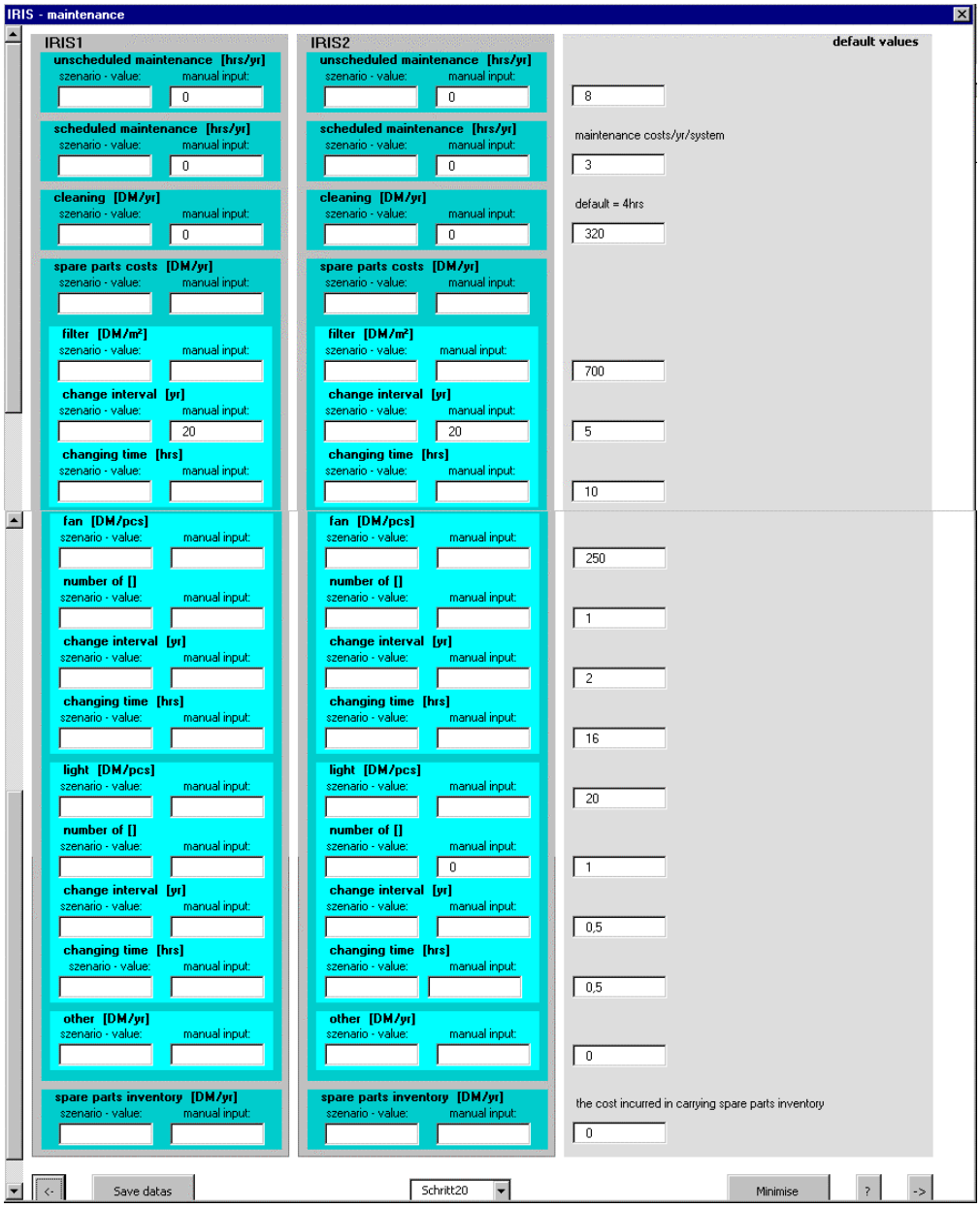
Eintragung nur Variante2, bzw. bei Variante1 Nullen da sonst automatisch Default-Wert.

Schritt19

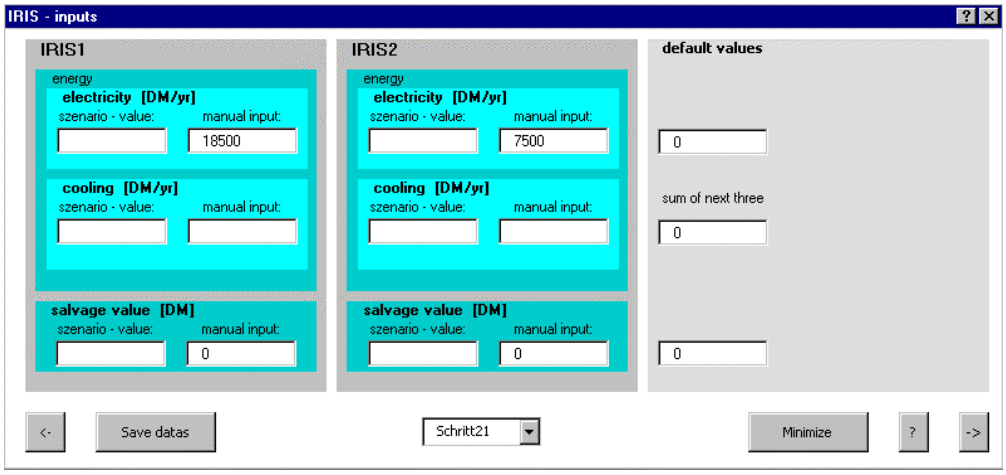


Eintragung nur Variante2, bzw. bei Variante1 Nullen da sonst automatisch Default-Wert.

Schritt20


IRIS - maintenance
IRIS1
IRIS2
default values
unscheduled maintenance [hrs/yr]
scheduled maintenance [hrs/yr]
cleaning [DM/yr]
spare parts costs [DM/yr]
filter [DM/m²]
change interval [yr]
changing time [hrs]
fan [DM/pcs]
number of []
light [DM/pcs]
other [DM/yr]
spare parts inventory [DM/yr]
szenario - value:
manual input:
maintenance costs/yr/system
default = 4hrs
the cost incurred in carrying spare parts inventory
Save datas
Schritt20
Minimise

Schritt21



Variante1 Energiekosten höher als Variante2, da nach der Einhausung der umgebende Reinraum heruntergefahren wird.

Schritte22-26 entfallen, da keine Applikationen.

8 Referenzen/Quellen

/1/ NN, SEMATECH Technology Transfer, Cost of Ownership model

Kostenmodell zur Berechnung der COO eines Halbleiterfertigungsschrittes (z.B. Plasmaveraschung)

Ermittlung der Kostenstellen

/2/ NN, SEMATECH Technology Transfer, Applications of Cost-of-Ownership Models

Erweiterung des SEMATECH COO-Modells um Meßtechnik, Clustertools, Test und Montage, etc.

Ermittlung der Kostenstellen

/3/ Wright Williams & Kelly, Understanding and Using Cost-of-Ownership

Struktur des Kostenmodells und Ermittlung der Kostenstellen

/4/ NN, SEMI-Standard E35-95A, Cost of Ownership for Semiconductor manufacturing

Equipment Metrics

Richtlinie zur Erstellung eines COO-Modells zum leichteren Verständnis von equipmentbezogenen Kosten mit Definitionen, Klassifizierungen, Algorithmen, Default-Werte, etc.

Struktur des Kostenmodells, Algorithmen, Default-Werte, etc

/5/ NN, Industriekostenrahmen IKR

Einteilung der Kosten nach dem Industriekostenrahmen

Untergliederung der Kostenstellen nach dem IKR wurde in Erwägung gezogen, aber wieder verworfen

/6/ NN, Gespräche mit den Projektpartnern

Ermittlung eines Defaultwertesatzes, Ermittlung der Kostenstellen

/7/ A. Schüle, U. Gommel, LOCCS-Kostenmodell für Sorter/Stocker-Systeme

/8/ R. Leckie, A Model for Analysing Test Capacity, Megatest Corporation, Kostenmodell für Wafertester

/9/ D.W. Jimenez, Bringing the Bottom Line to Photolithography

Kostenmodell für Stepper

/10/ R. Carnes, Long Term Cost Of Ownership: Beyond Purchase Price

Kostenmodell für CVD-Anlagen

/11/ E.R. Carrubba, Integrating Life-Cycle Cost and Cost Of Ownership

/12/ S.M. Kudva, Cost Analysis and Risk Assessment for metrology Applications

/13/ J.Williams Beyond Statistical Experimental Design: Financial Considerations for Engineering Problem solving

Kostenmodell für Metal-Etch-Anlagen

/14/ Ch.Hegarty, F.Meier, COO analysis for automatic semiconductor assembly

Kostenmodell für Halbleitermontage-Anlagen