

**Einsatz von Public-Monitor zur Visualisierung
Anlagenrelevanten Informationen: Einfluss auf
Störungsbehebung und Reduzierung der Fertigungsanlagen-
Downtime in Großraumbüros**

Bachelorarbeit eingereicht von: **Modic Marin**

Matrikelnummer: 52103780

im Fachhochschul-Bachelorstudiengang Wirtschaftsinformatik (0470)
der Ferdinand Porsche FernFH

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Arts in Business

Betreuung und Beurteilung: **Eszter Geresics-Földi, MSc BSc DI**

Villach, 30.04.2025

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit,

1. dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Inhalte, die direkt oder indirekt aus fremden Quellen entnommen sind, sind durch entsprechende Quellenangaben gekennzeichnet.
2. dass ich diese Bachelorarbeit bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit zur Beurteilung vorgelegt oder veröffentlicht habe.

Villach, 30.04.2025



Modic Marin

Creative Commons Lizenz

Das Urheberrecht der vorliegenden Arbeit liegt bei Modic Marin. Sofern nicht anders angegeben, sind die Inhalte unter einer Creative Commons „Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz“ (CC BY-NC-SA 4.0) lizenziert.

Die Rechte an zitierten Abbildungen liegen bei den in der jeweiligen Quellenangabe genannten Urheber*innen.

Die Kapitel 1 bis 4 der vorliegenden Bachelorarbeit wurden im Rahmen der Lehrveranstaltung „Bachelor Seminar 1“ eingereicht und am 25.02.2025 als Bachelorarbeit 1 angenommen.

Kurzzusammenfassung:

Einsatz von Public-Monitor zur Visualisierung Anlagenrelevanter Informationen:
Einfluss auf Störungsbehebung und Reduzierung der Fertigungsanlagen-
Downtime in Großraumbüros

In dieser Arbeit wird die Einführung eines Public Monitors zur Optimierung der Instandhaltungsprozesse in der Halbleiterfertigung untersucht. Ziel ist es, die Stillstandszeiten von Fertigungsanlagen durch eine Echtzeit-Visualisierung der Maschinenstatus zu reduzieren und so die Reaktionszeiten der Instandhaltung zu verbessern. Der Public Monitor zeigt den aktuellen Zustand aller Maschinen in einem farbcodierten Format an und ermöglicht eine schnellere Identifikation von Störungen.

Die Umsetzung erfolgt in Zusammenarbeit mit der IT- und Instandhaltungsabteilung und beinhaltet eine Testphase, um die Effizienz des Systems zu bewerten. Die Analyse der Stillstandszeiten vor und nach der Einführung zeigt, dass der Public Monitor die Reaktionszeit der Instandhaltung verkürzt und zu einer signifikanten Reduktion der Maschinenstillstandszeiten führt. Diese Ergebnisse bestätigen die Hypothese, dass eine transparente Echtzeit-Visualisierung eine effizientere Störungsbearbeitung und eine Optimierung der Fertigungsprozesse ermöglicht.

Schlagwörter:

Fertigungsoptimierung, Maschinenstillstand, Public Monitor, Echtzeit-Visualisierung, Instandhaltungseffizienz, Halbleiterproduktion, Produktionsüberwachung,

Abstract:

Deployment of a Public Monitor for the Visualization of Equipment-Related Information:
Impact on Fault Resolution and Reduction of Manufacturing Downtime in Open-
Plan Offices

This thesis examines the implementation of a public monitor to optimize maintenance processes in semiconductor manufacturing. The goal is to reduce machine downtime by providing real-time visualization of machine statuses, thereby improving maintenance response times. The public monitor displays the current status of all machines in a color-coded format, allowing for faster identification of malfunctions.

The implementation is carried out in collaboration with the IT and maintenance departments and includes a test phase to evaluate system efficiency. The analysis of machine downtimes before and after implementation shows that the public monitor reduces maintenance response times and leads to a significant decrease in machine idle times. These results confirm the hypothesis that transparent real-time visualization enables more efficient troubleshooting and process optimization in production.

Keywords:

Production optimization, Machine downtime, Public monitor, Real-time visualization, Maintenance efficiency, Semiconductor manufacturing, Production monitoring,

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. EINLEITUNG | 5 |
| 1.1 Hinweis zum Datenschutz und zu internen Richtlinien | 5 |
| 1.2 Hinweis zur sprachlichen Unterstützung | 5 |
| 1.3 Ausgangssituation | 5 |
| 1.4 Problemstellung | 6 |
| 1.5 Forschungsziel und -frage | 7 |
| 1.6 Forschungshypothese | 8 |
| 2. THEORETISCHER RAHMEN | 9 |
| 2.1 Datenbank | 9 |
| 2.2 Datenanalyse | 10 |
| 2.3 Visuelle Darstellung von Daten | 12 |
| 2.4 Halbleiterindustrie | 12 |
| 2.5 Fertigungsanlage | 16 |
| 3. METHODIK | 20 |
| 3.1 Forschungsdesign | 20 |
| 3.2 Datenerhebungsverfahren | 20 |
| 3.3 Datenanalyse | 21 |
| 4. PROTOTYP | 22 |
| 4.1 Erklärung des Prototyps | 22 |
| 4.2 Einführung des Prototyps | 25 |
| 5. DURCHFÜHRUNG DES EXPERIMENTS | 27 |
| 5.1 Datensammlung vor Einführung des Prototyps | 28 |
| 5.2 Datensammlung nach der Einführung des Prototyps | 31 |
| 6. DATENANALYSE | 33 |
| 6.1 Untersuchung der Daten | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 6.2 Vergleich zwischen den Daten (Vorher und Nachher) | 33 |
| 7. ERGEBNISSE UND FAZIT | 36 |
| 7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse | 36 |
| 7.1.1 Auswirkungen auf den Produktionsalltag | 36 |
| 7.2 Diskussion der Ergebnisse im Vergleich zu der Hypothese | 37 |
| 7.2.1 Kritik aus dem Betriebsalltag | 38 |
| 7.2.2 Wirtschaftliche Aspekte der Einführung | 39 |
| 7.2.3 Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext | 40 |
| 7.3 Fazit | 40 |
| 7.4 Ausblick | 41 |
| 8. LITERATURVERZEICHNIS | 43 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1 Silizium in reiner Form (thoughtco 2025) | 14 |
| Abbildung 2 Wafer mit Systemen „Chips“ 8 Zoll (heinen-elektronik 2025) | 15 |
| Abbildung 3 Wafer in einem Transport-Carrier „Horde“ (entegris 2025)..... | 16 |
| Abbildung 4 Ein Mechatronic Wafer Sorter (MWS) (mechatronic 2024)..... | 18 |
| Abbildung 5 Flussdiagramm über den Prozessablauf..... | 23 |
| Abbildung 6 Vergleich der Standzeiten vor und nach Einführung des Public Monitors. | 35 |

1. Einleitung

1.1 Hinweis zum Datenschutz und zu internen Richtlinien

Im Rahmen dieser Arbeit wurden alle Daten und Informationen unter Berücksichtigung der firmeninternen Datenschutzrichtlinien verarbeitet. Aufgrund der strikten Vorgaben ist es nicht gestattet, den Namen des Unternehmens, die genauen Produkte oder die spezifischen internen Bezeichnungen der Fertigungsanlagen offenzulegen. Ebenso werden keine sensiblen Informationen, die Rückschlüsse auf die Struktur oder Abläufe innerhalb der Firma zulassen könnten, genannt.

Um die Anonymität zu wahren, werden die Fertigungsanlagen in dieser Arbeit allgemein als „FA“ bezeichnet. Auch die dargestellten Daten wurden so aufbereitet (Faktor), dass keine Rückschlüsse auf konkrete interne Prozesse möglich sind. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass die Datenschutzerfordernisse der Firma vollständig eingehalten werden.

1.2 Hinweis zur sprachlichen Unterstützung

Ich möchte darauf hinweisen, dass die Texte dieser Arbeit durch unterstützende Tools und Hilfsmittel sprachlich überarbeitet und angepasst wurden, insbesondere in Bezug auf Formulierungen, Satzstrukturen und grammatikalische Korrekturen. Diese Hilfe diente ausschließlich der sprachlichen Klarheit und Verständlichkeit meiner Ausführungen, während die Inhalte und Analysen eigenständig erarbeitet wurden.

1.3 Ausgangssituation

In der Fertigungsindustrie ist es von großer Bedeutung, die Effizienz und Überwachung der Produktionsanlagen kontinuierlich zu verbessern. Unternehmen mit einer Vielzahl von Anlagen stehen dabei vor der

Herausforderung, den Betriebszustand jeder einzelnen Maschine stets im Blick zu behalten. Besonders in Betrieben mit einem großen Anlagenpark kann dies zu einer komplexen Aufgabe werden, da viele Produktionswerkzeuge gleichzeitig überwacht werden müssen. Aktuell genutzte Überwachungsmethoden, wie die gelegentliche Nutzung einer grafischen Benutzeroberfläche (GUI), können dazu führen, dass Störungen nicht immer sofort erkannt werden. Verzögerungen bei der Identifikation solcher Probleme können Ausfallzeiten verursachen, die sich negativ auf die Produktivität auswirken. Besonders Anlagen, die nicht als kritische Produktionsmittel betrachtet werden, erhalten möglicherweise weniger Aufmerksamkeit, was ihre Störungsbehebung zusätzlich verzögern kann. Da jede Minute Stillstand mit Kosten verbunden ist, besteht hier ein großes Potenzial für Optimierungen.

1.4 Problemstellung

Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Problematik, effektive Maßnahmen zur Reduzierung der Standzeiten von Fertigungsanlagen zu entwickeln und gleichzeitig die Störungsbehebung zu optimieren. Die aktuelle Situation erfordert eine Lösung, die es ermöglicht, potenzielle Störungen unverzüglich zu erkennen und entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Insbesondere bei weniger kritischen Fertigungsanlagen, die möglicherweise nicht die gleiche Aufmerksamkeit wie produktionskritische Einheiten erhalten, besteht ein Bedarf, die zeitnahe Erkennung und Behebung von Störungen zu verbessern, um Produktionsausfälle zu minimieren und die allgemeine Produktivität zu steigern.

Gründe für Störungen können vielfältig sein. Ein häufiger Grund sind Bedienfehler, bei denen der Operator – also die Person, die die Fertigungsanlage bedient – versehentlich falsche Einstellungen vornimmt oder Abläufe nicht korrekt ausführt. Ebenso kann es zu einem Waferbruch kommen, wenn ein Wafer aufgrund einer bestehenden Randbeschädigung zerbricht. Technische Defekte wie Hardwareausfälle sind ebenfalls mögliche Ursachen; hier muss das

betroffene Bauteil oft ersetzt werden, um die Funktion wiederherzustellen. Auch Netzwerkfehler können zu Störungen führen, wenn die Kommunikation mit dem Server unterbrochen wird und das System dadurch nicht mehr vollständig arbeitet.

Wird eine Störung festgestellt, bucht der Operator die Fertigungsanlage über eine Bedienmaske als „Warten auf Instandhaltung“. Ab diesem Zeitpunkt generiert die Fertigungsanlage Standzeit, da sie nicht produktiv arbeitet. Bis die Instandhaltung jedoch informiert wird oder die Störungsmeldung auffällt, kann es oft bis zu einer Stunde dauern. In dieser Zeit entsteht erheblicher Produktionsausfall, der sich vermeiden ließe, wenn Störungen schneller erkannt und bearbeitet würden.

Sobald die Instandhaltung eintrifft, wird der Status der Fertigungsanlage auf „Instandhaltung“ umgebucht. Nach Abschluss der Reparaturarbeiten erfolgt eine weitere Buchung auf „Test nach Instandhaltung“, bis die Fertigungsanlage schließlich wieder auf „Produktiv“ gesetzt wird. Die gesamte Zeitspanne vom Status „Warten auf Instandhaltung“ über „Instandhaltung“ und „Test nach Instandhaltung“ bis hin zur Rückkehr in den Produktivstatus wird als Standzeit gebucht. Diese Standzeit stellt somit die Gesamtdauer dar, in der die Fertigungsanlage nicht produktiv arbeitet.

Ein optimiertes Störungsmanagement könnte dazu beitragen, die Dauer der einzelnen Statuszeiten zu reduzieren und somit die Gesamtstandzeit zu minimieren. Dies würde nicht nur die Produktivität der Fertigungsanlagen steigern, sondern auch Produktionsausfälle und damit verbundene Kosten deutlich senken.

1.5 Forschungsziel und -frage

Die vorliegende Bachelorarbeit hat daher das Ziel, zu untersuchen, inwieweit die Implementierung eines Public Monitors in einem Großraumbüro dazu beitragen

kann, die Standzeiten von Fertigungsanlagen, um mindestens 10 % zu reduzieren. Dabei soll nicht nur die technische Realisierbarkeit, sondern auch die Auswirkungen auf die Störungsbehebung und die allgemeine Effizienzsteigerung in der Produktion ganzheitlich analysiert werden. Die zentrale Forschungsfrage, welche dieser Arbeit zugrunde liegt, lautet daher: „Wird durch die Einführung eines Public Monitors in einem Großraumbüro zur Überwachung von Fertigungsmaschinen, die Standzeiten von Fertigungsanlagen um mindestens 10 % reduziert?“

1.6 Forschungshypothese

Auf Basis der beschriebenen Problemstellung und des Forschungsziels lässt sich die folgende Hypothese formulieren: Die Einführung eines Public Monitors im Großraumbüro wird dazu führen, dass Standzeiten von Fertigungsanlage durch schnellere Erkennung und Behebung von Störungen um mindestens 10 % reduziert werden. Durch die kontinuierliche Visualisierung von Status- und Störungsinformationen auf dem Monitor werden Mitarbeiter unverzüglich über auftretende Probleme informiert, sodass schneller reagiert und die Instandhaltung zeitnah benachrichtigt werden kann. Dieser Ansatz wird nicht nur die Produktivität steigern, sondern auch zu einer allgemeinen Verbesserung der Effizienz in der Fertigung beitragen, indem Produktionsausfälle minimiert werden.

2. Theoretischer Rahmen

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Themen erklärt, die für ein gutes Verständnis meiner Bachelorarbeit wichtig sind. Ich gehe dabei auf die grundlegenden Konzepte und den aktuellen Stand ein, um den Lesern das nötige Wissen zu vermitteln.

2.1 Datenbank

In meiner Bachelorarbeit möchte ich auf die Bedeutung von Datenbanken eingehen, die eine wichtige Rolle in der modernen Informationstechnologie spielen. Menschen sammeln und organisieren seit jeher Daten, sei es in Form von Briefmarkensammlungen, Musik oder finanziellen Werten. Durch unsere Sinne nehmen wir ständig Daten auf, verarbeiten diese zu Informationen und bauen darauf Wissen auf, das uns hilft, die Welt zu verstehen und zu kontrollieren. Diese Prozesse stoßen jedoch an ihre Grenzen und können schnell zu einem kaum beherrschbaren Datenchaos führen. Deshalb haben Menschen immer wieder neue Hilfsmittel entwickelt, um Daten systematisch zu erfassen und zu ordnen – von Karteikästen über Registraturen bis hin zu Computern. Eine Datenbank ist eine solche Sammlung, die mithilfe eines Datenbankmanagementsystems (DBMS) verwaltet wird. Der Ursprung der Datenbanken lässt sich auf die 1960er-Jahre zurückführen, als Festplattenspeicher immer verbreiteter wurden. Im Laufe der Jahre entstanden verschiedene Modelle von Datenbanken, darunter das hierarchische und das relationale Modell, das heutzutage weit verbreitet ist. Relationale Datenbanken sind so populär, weil sie auf einer sehr flexiblen Struktur beruhen und für viele Anwendungsmöglichkeiten geeignet sind. Heute gibt es eine Vielzahl von DBMS, die für unterschiedliche Anwendungsbereiche entwickelt wurden. Eine Datenbank dient dazu, Daten dauerhaft und konsistent zu speichern, damit sie jederzeit verfügbar sind. Dabei wird ein besonderer Fokus auf die Genauigkeit und Konsistenz der Daten gelegt, da diese oft Grundlage für wichtige

Entscheidungen sind. In einer unternehmensweiten Datenbank hängen manchmal riesige Investitionen davon ab, dass die abgerufenen Informationen korrekt sind. Inkonsistente oder falsche Daten könnten schwerwiegende Folgen haben, wie Fehlinvestitionen oder unerwünschte Fehler in anderen Anwendungen. Ein DBMS übernimmt dabei die Funktion, die Daten zu organisieren, zu speichern und vor allem sicherzustellen, dass nur berechtigte Personen auf die Daten zugreifen können. Es stellt sicher, dass die Daten korrekt und konsistent bleiben, indem jede Änderung die Datenbank immer in einen neuen, ebenfalls logischen Zustand überführt.

(Piepmeyer 2011)

2.2 Datenanalyse

Datenanalyse ist heute ein wichtiger Bestandteil sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis. Sie hilft dabei, große Datenmengen zu ordnen und auszuwerten, sodass daraus wertvolle Informationen und Zusammenhänge sichtbar werden. Das Hauptziel der Datenanalyse ist, unübersichtliche Rohdaten in brauchbare Informationen zu verwandeln, die dann für Entscheidungen in Bereichen wie Medizin, Wirtschaft oder Sozialforschung genutzt werden können. In der Medizin hilft die Analyse von Patientendaten beispielsweise, die Wirksamkeit von Behandlungen zu bewerten oder Risiken besser zu verstehen. In der Wirtschaft können durch die Analyse von Daten Markttrends erkannt und Investitionsentscheidungen abgesichert werden. Wenn man wissenschaftliche Untersuchungen oder praktische Fragen angeht, gibt es normalerweise mehrere Schritte, von der Planung bis zur Auswertung. In jedem dieser Schritte spielen statistische Methoden eine wichtige Rolle. Zum Beispiel nutzt man statistische Verfahren, um Stichproben auszuwählen oder Versuchsabläufe zu planen. Auch bei der Überprüfung von Fragebögen, um sicherzustellen, dass sie zuverlässig und gültig sind, sind statistische Methoden nützlich. Die Datenanalyse lässt sich

in drei Hauptaufgaben unterteilen: Beschreibung (Deskription), Erkundung (Exploration) und Schlussfolgerung (Induktion).

Die deskriptive Statistik beschäftigt sich mit der Beschreibung und Darstellung von Daten, z. B. durch Diagramme oder Durchschnittswerte. Diese Methode ist besonders nützlich, um große Datenmengen zu strukturieren und übersichtlich darzustellen, wie zum Beispiel bei der Erstellung eines Mietspiegels, wo Merkmale wie Nettomiete, Baujahr oder Wohnfläche erfasst werden.

- Die explorative Datenanalyse geht noch weiter und sucht gezielt nach Mustern oder Besonderheiten in den Daten. Diese Methode ist vor allem dann hilfreich, wenn noch unklar ist, wonach man genau sucht. Oft wird die explorative Analyse genutzt, um aus den Daten neue Ideen oder Hypothesen abzuleiten, die man später genauer untersuchen kann.
- Die induktive Statistik, auch schließende Statistik genannt, nutzt Wahrscheinlichkeiten, um auf eine größere Gruppe (Grundgesamtheit) zu schließen. Sie hilft dabei, Aussagen über eine ganze Bevölkerung zu treffen, indem man eine Stichprobe untersucht. Zum Beispiel könnte man herausfinden, ob eine bestimmte Therapie effektiver ist als eine andere. Für solche statistischen Schlussfolgerungen braucht man eine gute Planung und klare Modelle, damit die Ergebnisse zuverlässig sind.

Die Methoden der Datenanalyse sind sehr vielfältig und entwickeln sich ständig weiter, um immer komplexere Fragestellungen in der Praxis beantworten zu können. Mit der wachsenden Menge an verfügbaren Daten wird die Bedeutung der Datenanalyse immer größer, da sie dabei hilft, Fehler in Datensätzen zu finden, Zusammenhänge zu entdecken und fundierte Entscheidungen zu treffen. (Fahrmei, et al. 2006)

2.3 Visuelle Darstellung von Daten

Für kategorische Daten sind Diagramme wie Kreisdiagramme, Stabdiagramme, Säulen- und Balkendiagramme nützlich. Sie helfen, die Häufigkeiten verschiedener Kategorien darzustellen, wobei jedes Diagramm seine Stärken hat. So ist etwa das Kreisdiagramm optisch ansprechend, allerdings weniger geeignet, wenn es um das Ablesen exakter Häufigkeiten geht. Balken- und Säulendiagramme eignen sich besser, wenn man absolute oder relative Häufigkeiten in unterschiedlichen Kategorien direkt vergleichen möchte. Für metrische Daten, bei denen viele verschiedene Werte auftreten können, gibt es das Stamm-Blatt-Diagramm und das Histogramm. Das Stamm-Blatt-Diagramm ist hilfreich, um eine detaillierte Übersicht über die Werte zu erhalten. Es stellt eine Zwischenform zwischen tabellarischer und grafischer Darstellung dar. Histogramme hingegen fassen Daten in Klassen zusammen und zeigen so die Verteilung auf anschauliche Weise. Ein weiteres hilfreiches Diagramm ist der Box-Plot, der eine kompakte Darstellung der Verteilung eines Datensatzes ermöglicht. Box-Plots zeigen den Median sowie die Quartile und markieren Ausreißer, die außerhalb bestimmter Grenzwerte liegen. Diese Form der Darstellung hilft dabei, die zentrale Tendenz und die Streuung der Daten schnell zu erkennen und verschiedene Datensätze zu vergleichen. Die grafischen Darstellungen sind in der Statistik nicht nur zur Veranschaulichung, sondern auch zur Datenvalidierung wichtig, da sie helfen, Fehler in den Daten zu erkennen. Diagramme wie Histogramme oder Stamm-Blatt-Diagramme machen es möglich, untypische oder unlogische Datenpunkte – wie Ausreißer – zu identifizieren und damit die Datenqualität zu sichern. (Fahrmei, et al. 2006)

2.4 Halbleiterindustrie

Die Halbleiterindustrie ist ein zentraler Bereich der globalen Elektronikbranche. Sie umfasst die Herstellung und Weiterentwicklung von Halbleitermaterialien, Bauelementen und Systemen, die in fast allen modernen Technologien

Verwendung finden, von Computern und Smartphones bis hin zu medizinischen Geräten und Fahrzeugen. Die Industrie ist geprägt von kontinuierlicher Innovation und einer ständigen Steigerung der Leistungsfähigkeit der Produkte. Diese Entwicklungen ermöglichen es, schnellere, effizientere und leistungsstärkere Geräte zu bauen, die den wachsenden Anforderungen der modernen Welt gerecht werden. Durch die Fortschritte in der Halbleitertechnologie sinken auch die Herstellungskosten, was die Verfügbarkeit und die Anwendungsmöglichkeiten dieser Technologie deutlich erweitert hat. Ein Halbleiter ist ein Material, dessen Leitfähigkeit zwischen der eines Leiters und eines Isolators liegt. Er kann daher elektrischen Strom unter bestimmten Bedingungen leiten und unter anderen isolieren. Diese Eigenschaft macht Halbleiter zu einem unverzichtbaren Bestandteil elektronischer Bauelemente, da sie so entwickelt werden können, dass sie den Fluss von Elektronen gezielt steuern und verstärken. Silizium ist das am häufigsten verwendete Material in der Halbleitertechnologie, da es besonders stabil ist und natürliche Eigenschaften aufweist, die seine Verwendung als Halbleiter erleichtern (siehe Abbildung 1). Durch die gezielte Dotierung mit Fremdatomen lässt sich die Leitfähigkeit eines Halbleiters gezielt beeinflussen.



Abbildung 1 Silizium in reiner Form (thoughtco 2025)

Ein Wafer ist eine dünne, flache Scheibe, die typischerweise aus einem Einkristall besteht und als Basis für die Herstellung mikroelektronischer Bauteile verwendet wird (siehe Abbildung 2). Der Wafer dient in der Halbleiterproduktion als Trägermaterial für die verschiedenen Schichten und Strukturen, die elektronische Bauelemente bilden. Diese feinen Strukturen werden in hoch spezialisierten Prozessen wie Fotolithografie, Ätzen und Dotieren auf den Wafer aufgebracht. Auf diese Weise entstehen Transistoren und integrierte Schaltkreise, die für die Funktion elektronischer Geräte wie Computer und Mobiltelefone essenziell sind. (Hilleringmann 2023)

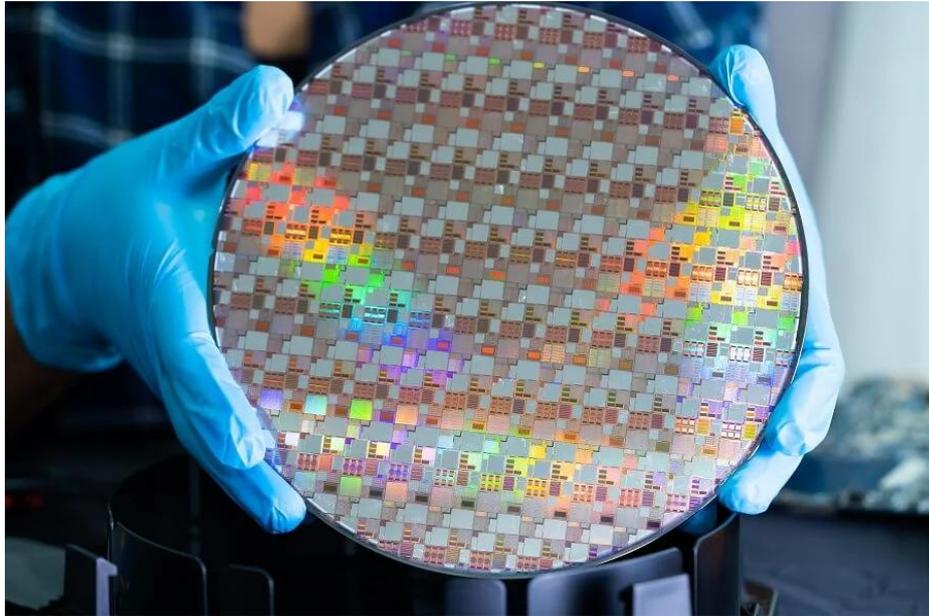


Abbildung 2 Wafer mit Systemen „Chips“ 8 Zoll (heinen-elektronik 2025)

Ein entscheidender Faktor in der Halbleiterproduktion ist die präzise Identifikation jedes einzelnen Wafers. Wafer werden in sogenannten Losen organisiert, die jeweils durch eine eindeutige achtstellige Losnummer gekennzeichnet sind. Innerhalb eines Loses befinden sich bis zu 25 Wafer, die in den Slots eines Carriers platziert werden und in Horden transportiert werden (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3 Wafer in einem Transport-Carrier „Horde“ (entegris 2025)

Zur weiteren Unterscheidung erhält jeder Wafer innerhalb des Loses zusätzlich eine zweistellige Nummer von 01 bis 25. Diese systematische Kennzeichnung ist essenziell, um den Produktionsprozess fehlerfrei zu steuern und sicherzustellen, dass jeder Wafer die für ihn vorgesehenen Bearbeitungsschritte durchläuft.

2.5 Fertigungsanlage

In meiner Arbeit untersuche ich den Mechatronic Wafer Sorter (MWS), ein fortschrittliches System, das die Firma Mechatronic Systemtechnik GmbH für die automatische Handhabung von Wafern in der Halbleiterindustrie entwickelt hat (siehe Abbildung 4). Der mWS erfüllt die hohen Ansprüche an Genauigkeit und Effizienz, die bei der Verarbeitung von Wafern erforderlich sind. Seine besondere Stärke liegt in der Flexibilität: Er kann Wafer unterschiedlicher Größe und Dicke,

einschließlich sehr dünner oder verzogener Wafer, verarbeiten und lässt sich gut an verschiedene Produktionsanforderungen anpassen. Dank seines modularen Designs kann der Sorter zudem auf spezifische Kundenbedürfnisse abgestimmt werden und ist kompatibel mit verschiedenen Wafer-Halterungen.

Dieses Gerät automatisiert Aufgaben wie das Sortieren, Aufteilen und Übertragen von Wafern zwischen verschiedenen Kassetten. Dadurch werden manuelle Eingriffe verringert und die Abläufe insgesamt effizienter gestaltet. Sensoren und Kontrollsysteme gewährleisten dabei einen sicheren Betrieb und verringern das Risiko, dass Wafer beschädigt werden. Der mWS eignet sich besonders gut für Prozesse, bei denen eine präzise und flexible Handhabung gefragt ist, gerade wenn häufig unterschiedliche Anforderungen bestehen.

Der Einsatz des mWS bringt viele Vorteile für die Produktion. Durch die Automatisierung werden Produktionszeiten verkürzt und die Gesamteffizienz gesteigert. Gleichzeitig senkt die genaue Handhabung der Wafer die Fehlerquote und erhöht die Produktionsausbeute. Zudem sinken die Betriebskosten, da weniger manuelle Eingriffe nötig sind und die Abläufe optimiert werden. Insgesamt ist der Mechatronic Wafer Sorter (mWS) eine moderne und kostensparende Lösung, die den Anforderungen in der Waferfertigung hervorragend gerecht wird und deshalb ein zentraler Bestandteil meiner Untersuchung ist.



Abbildung 4 Ein Mechatronic Wafer Sorter (MWS) (mechatronic 2024)

Die Fertigungsanlagen befinden sich in verschiedenen Hallen und Sektoren innerhalb der Produktion. Diese räumliche Anordnung ist notwendig, um die vielfältigen Prozesse in der Waferproduktion effizient zu unterstützen. Jede dieser Anlagen ist darauf spezialisiert, Wafer zu handeln, also zwischen verschiedenen Carrier zu bewegen, sowie die Wafer zu lesen und deren Informationen zu verarbeiten. Dabei spielen die Anlagen eine zentrale Rolle, da sie nicht nur die physische Handhabung übernehmen, sondern auch den Datenfluss im Hintergrund sicherstellen.

Ein entscheidender Aspekt im Produktionsprozess ist die eindeutige Identifikation der Wafer. Jeder Wafer gehört zu einem sogenannten Los, das durch eine achtstellige Losnummer gekennzeichnet ist. Innerhalb eines Loses befinden sich

bis zu 25 Wafer, die jeweils in einem Slot eines Carriers positioniert sind. Zur weiteren Identifikation erhält jeder Wafer innerhalb des Loses eine zusätzliche zweistellige Nummer von 01 bis 25.

Damit die Produktionsprozesse fehlerfrei ablaufen, ist ein ständiger Abgleich der Daten im Hintergrund erforderlich. Hierbei wird genau dokumentiert, welcher Wafer in welchem Slot eines bestimmten Carriers liegt. Diese Daten werden kontinuierlich zwischen den Fertigungsanlagen synchronisiert, um jederzeit den aktuellen Standort und Status jedes einzelnen Wafers nachvollziehen zu können.

Ohne dieses systematische Vorgehen könnte es zu schwerwiegenden Problemen kommen, wie etwa der Vertauschung von Wafern. Eine solche Verwechslung hätte erhebliche Auswirkungen auf die nachfolgenden Prozesse, da die Wafer je nach Losnummer und Status unterschiedlichen Bearbeitungsschritten unterzogen werden müssen. Ein falscher Wafer im falschen Prozess kann die gesamte Fertigungskette stören und zu teuren Fehlern oder sogar Produktionsausfällen führen.

Die präzise Organisation und Synchronisation der Daten in Verbindung mit der genauen Handhabung der Wafer durch die Fertigungsanlagen sind somit essenziell, um einen reibungslosen und effizienten Produktionsprozess zu gewährleisten.

3. Methodik

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen meiner Arbeit beschrieben. Dabei gehe ich auf das Forschungsdesign, das Datenerhebungsverfahren und die Datenanalyse ein, die zur Untersuchung der Standzeiten der Fertigungsmaschinen vor und nach der Einführung eines Prototyps gewählt wurden.

3.1 Forschungsdesign

Das Forschungsdesign dieser Arbeit basiert auf einer quantitativen Vergleichsanalyse. Ziel ist es, die Standzeiten unter Störung vor und nach dem Einsatz eines Prototyps systematisch zu untersuchen und die Veränderungen in der produktiven Zeit messbar zu machen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Analyse der Zwischenzeit zwischen dem Status „Warten auf Instandhaltung“ und „Instandhaltung“, um gezielt Optimierungspotenziale in diesem kritischen Prozessabschnitt aufzudecken. Für diese Fragestellung eignet sich das quantitative Verfahren besonders gut, da die Standzeiten als Zahlenwerte vorliegen und so objektiv und präzise verglichen werden können. Zudem erlaubt es eine eindeutige und objektive Ergebnisdarstellung, was besonders wichtig ist, um klare Schlüsse über den Einfluss des Prototyps auf die Standzeiten zu ziehen. (Rasch, et al. 2021)

3.2 Datenerhebungsverfahren

Für die Erhebung der benötigten Daten arbeite ich mit der firmeninternen Analyseabteilung zusammen, die mir die Standzeiten zwischen den Status „Warten auf Instandhaltung“ und „Instandhaltung“ der Fertigungsanlagen zur Verfügung stellt. Die Analyseabteilung stellt mir die Daten in Form einer Excel-Datei zur Verfügung, in der die Standzeiten der einzelnen Fertigungsanlage (FA 1 bis FA 10) über einen Zeitraum von 15 Tagen erfasst sind. Diese Datei enthält

für jede Fertigungsanlagen die durchschnittliche Standzeit, was mir eine genaue Übersicht über die Effizienz vor der Implementierung meines Prototyps ermöglicht. Nach der Einführung des Prototyps werde ich erneut eine Datenerhebung für einen Zeitraum von 15 Tagen beantragen, um die Standzeiten nach der Implementierung zu erfassen. Dadurch kann ich den Einfluss des Prototyps auf die Effizienz im direkten Vorher-Nachher-Vergleich analysieren. Die erneute Excel-Datei wird ebenfalls die Standzeiten der Fertigungsanlagen 1 bis 10 für den 15-tägigen Zeitraum nach Einführung des Prototyps enthalten. Durch die Berechnung des arithmetischen Mittels für die Standzeiten aller Fertigungsanlage vor und nach der Implementierung des Prototyps kann ich die Daten der beiden Zeiträume vergleichen und feststellen, ob der Prototyp zu einer Reduktion der Standzeiten beigetragen hat.

3.3 Datenanalyse

Für die Datenanalyse wird das arithmetische Mittel der Standzeiten vor und nach dem Prototypen-Einsatz als Vergleichsgröße verwendet. Das arithmetische Mittel ermöglicht es, die durchschnittliche Standzeit in beiden Phasen darzustellen und so eine klare Aussage über mögliche Verbesserungen oder Verschlechterungen zu treffen. Der Durchschnitt liefert eine kompakte Zahl, die die Gesamtleistung und den Einfluss des Prototyps auf die Standzeiten zusammenfasst. Es eignet sich besonders gut für solche Vergleiche, da es eine einfache und zugleich effektive Möglichkeit bietet, zentrale Tendenzen in numerischen Datensätzen darzustellen. Dadurch können selbst kleinere Veränderungen erfasst und als signifikant oder nicht signifikant eingestuft werden, was die Aussagekraft der Untersuchung stärkt. (Rasch, et al. 2021)

4. Prototyp

Für meine Arbeit habe ich einen Prototyp entwickelt, der aus einem Public Monitor besteht, der im Großraumbüro installiert wird und den aktuellen Status der Fertigungsanlagen in Echtzeit anzeigt. Dieser Monitor ist mit einem Rechner verbunden, auf dem eine firmeninterne GUI (Graphical User Interface) läuft. Über diese Schnittstelle werden die Statusinformationen der Maschinen kontinuierlich auf dem Bildschirm visualisiert. Der Rechner ist mit unserem firmeninternen LAN (Local Area Network) verbunden und empfängt dadurch die Daten der Fertigungsanlagen in Echtzeit. Sollte es zu einer Störung kommen, wird diese durch eine Statusänderung sofort auf dem Bildschirm angezeigt, sodass meine Kollegen und ich potenzielle Störungen frühzeitig erkennen und direkt reagieren können. Der Prototyp besteht also aus einem Monitor und einem Rechner, der miteinander verbunden ist. Durch die LAN-Verbindung wird sichergestellt, dass die Datenübertragung schnell und zuverlässig erfolgt, was die sofortige Sichtbarkeit von Anlagenstörungen ermöglicht. Dieser Aufbau soll die Reaktionszeiten auf Störungen verkürzen und dadurch die Standzeiten der Fertigungsanlagen reduzieren.

4.1 Erklärung des Prototyps

Für meinen Prototypen verwende ich einen Samsung Monitor mit 27 Zoll, dieser Monitor ist mit einem Rechner verbunden, auf dem eine firmeninterne GUI (Graphical User Interface) läuft. Über diese Schnittstelle werden die Statusinformationen der Maschinen kontinuierlich auf dem Bildschirm visualisiert. Der Rechner ist mit unserem firmeninternen LAN verbunden und empfängt dadurch die Daten der Fertigungsanlagen in Echtzeit. Sollte es zu einer Störung kommen, wird diese durch eine Statusänderung sofort auf dem Bildschirm angezeigt. Durch diesen Aufbau sollen die Reaktionszeiten auf Störungen

verkürzt und dadurch die Standzeiten der Fertigungsanlagen reduziert (siehe Abbildung 5).

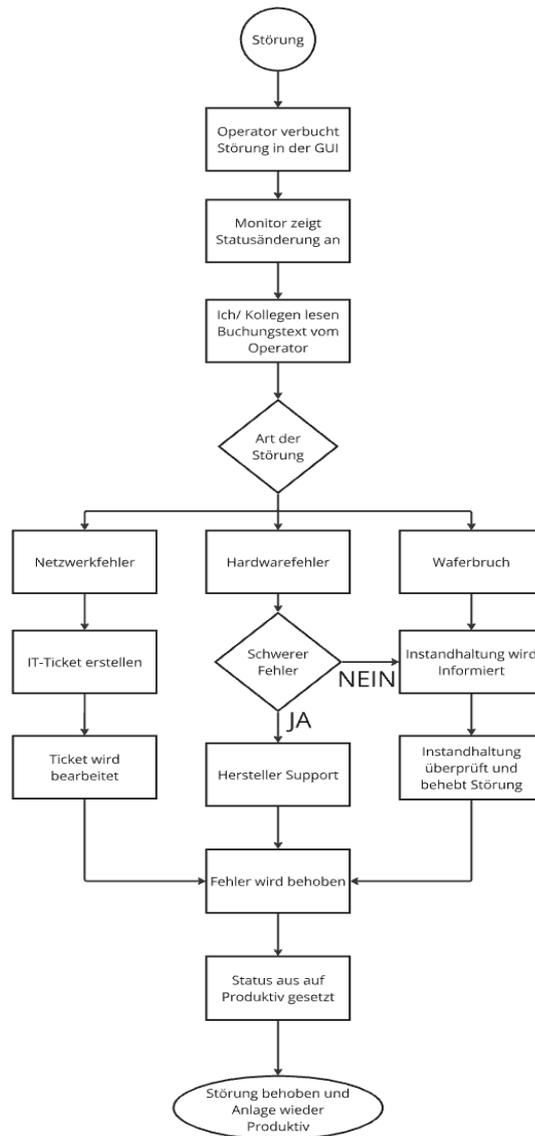


Abbildung 5 Flussdiagramm über den Prozessablauf

Das Flussdiagramm zeigt den Ablauf der Störungsbearbeitung für die Fertigungsanlage und die Rolle des Public Monitors in diesem Prozess.

Störungserkennung: Der Prozess beginnt mit der Erkennung einer Störung an der Anlage.

Störungsmeldung durch den Operator: Der Operator verbucht die Störung in der firmeninternen GUI, wodurch der Status der Anlage auf „Störung“ gesetzt wird.

Statusanzeige auf dem Monitor: Die Störungsmeldung wird auf dem Public Monitor im Großraumbüro angezeigt. Meine Kollegen und ich können so den aktuellen Status einsehen.

Lesen des Buchungstextes: Nachdem die Störungsmeldung angezeigt wird, lesen die Kollegen und ich den Buchungstext des Operators, um den Grund für die Störung zu verstehen.

Entscheidungspunkt – Art der Störung: Abhängig von der Art der Störung wird der weitere Verlauf festgelegt:

Netzwerkfehler: Ein IT-Ticket wird erstellt, und das Ticket wird weiterbearbeitet.

Hardwarefehler: Wird ein Hardwarefehler festgestellt, wird geprüft, ob es sich um einen schweren Fehler handelt.

Bei einem schweren Fehler wird die Supportfirma benachrichtigt.

Bei einem weniger schweren Fehler wird die Instandhaltung informiert.

Waferbruch: Bei einem Waferbruch wird direkt die Instandhaltung benachrichtigt.

Störungsbehebung:

Die Instandhaltung oder der externe Support übernehmen die Störungsbehebung, je nach Art und Schwere des Problems.

Statusaktualisierung: Sobald der Fehler behoben ist, wird der Status der Anlage auf „Produktiv“ zurückgesetzt.

Endpunkt: Die Störung ist behoben, und die Anlage ist wieder produktiv.

4.2 Einführung des Prototyps

Um die Reaktionszeiten bei Störungen in der Produktionsumgebung zu verkürzen, wurde ein Public Monitor als Prototyp im Großraumbüro installiert. Der Monitor wurde so platziert, dass man einen guten Überblick darauf hat. Der Prototyp dient der Visualisierung der aktuellen Statusinformationen aller Fertigungsanlagen in Echtzeit

Der Monitor wurde an einen Lenovo Tiny PC angeschlossen, der über das firmeninterne LAN verbunden ist. Diese Verbindung ermöglicht es, die Statusinformationen der Fertigungsanlagen direkt von der zentralen GUI abzurufen und in Echtzeit anzuzeigen. Dadurch können meine Kollegen und ich sofort erkennen, wenn eine Störung auftritt, ohne auf eine separate Benachrichtigung warten zu müssen.

Vor der Einführung des Systems wurde das Konzept sorgfältig mit der Instandhaltungsabteilung und dem IT-Support abgestimmt. Der Public Monitor zeigt die aktuellen Produktionsdaten an, und sobald eine Störung vom Operator im System erfasst wird, erscheint die Statusänderung unmittelbar auf dem Bildschirm im Großraumbüro. Die Einführung wurde zunächst als Testphase geplant, um die Akzeptanz des Monitors zu prüfen und seine tatsächliche Auswirkung auf die Bearbeitung von Störungen zu evaluieren.

Ziel und erwarteter Nutzen sind die Reduktion der Standzeiten und eine schnellere Störungsbehebung. Durch die Visualisierung der Anlageninformationen wird sichergestellt, dass potenzielle Störungen schneller erkannt und direkt weitergeleitet werden können. Die Kollegen im Großraumbüro haben so die Möglichkeit, den Buchungstext des Operators zu lesen und gegebenenfalls die Instandhaltung oder andere Abteilungen (z. B. IT-Support) gezielt zu informieren. Das ermöglicht eine deutliche Zeitersparnis, da

Verzögerungen bei der Erkennung und Weiterleitung von Störungen reduziert werden. Dieser Prototyp soll zeigen, wie durch einfache visuelle Kommunikation eine deutliche Verbesserung in der Reaktionsfähigkeit bei Störungen erreicht werden kann.

5. Durchführung des Experiments

Das Experiment wird durchgeführt, um die Auswirkungen der Einführung des Public Monitors auf die Standzeiten unter Störung der Fertigungsanlagen zu untersuchen. Die zentrale Frage ist, ob durch die visuelle Echtzeit-Anzeige von Störungen die Dauer zwischen den Status „Warten auf Instandhaltung“ und „Instandhaltung“ reduziert werden kann. Diese Zeitspanne ist entscheidend, da Verzögerungen in diesem Bereich zu erheblichen Produktionsausfällen führen können. Eine schnellere Erkennung und Bearbeitung von Störungen könnte dazu beitragen, unnötige Stillstandszeiten zu minimieren und die Effizienz der Fertigungsprozesse zu steigern. Die Bedeutung dieser Problematik sowie die spezifischen Herausforderungen bei der Störungsbearbeitung wurden bereits ausführlich in Kapitel 1.4 Problemstellung dargestellt.

Der Public Monitor wurde im Großraumbüro installiert, in dem sich Arbeitsplätze aus den Bereichen IT, Produktionsplanung und Instandhaltung befinden. Das Büro ist offen gestaltet und bietet eine gute Sicht auf den Monitor aus verschiedenen Positionen im Raum. Durch die zentrale Lage innerhalb des Produktionsumfelds können alle Mitarbeitenden, die mit der Störungsbearbeitung befasst sind, die angezeigten Informationen direkt wahrnehmen. Die offene Raumstruktur unterstützt zudem die schnelle Kommunikation zwischen den Abteilungen, was für eine zügige Reaktion auf auftretende Störungen von Vorteil ist.

Für die Untersuchung werden zwei Zeiträume betrachtet: 15 Tage vor der Einführung des Public Monitors (01.11.2024 bis 15.11.2024) und 15 Tage nach der Einführung (18.11.2024 bis 02.12.2024). Der Prototyp wird am 18.11.2024 installiert und ermöglicht eine visuelle Darstellung der Maschinenstatus im Großraumbüro. Die Wahl dieses Zeitrahmens gewährleistet eine belastbare Datengrundlage, da so mögliche Schwankungen im Produktionsbetrieb berücksichtigt werden können. Die Konzeption und Implementierung des

Prototyps wurden bereits detailliert in Kapitel 4 Prototyp beschrieben, wo die technische Umsetzung sowie die Integration in den bestehenden Produktionsprozess erläutert werden.

Die Datenerhebung erfolgt durch die firmeninterne Analyseabteilung, die für beide Zeiträume die durchschnittlichen Standzeiten für jede der zehn Fertigungsanlagen berechnet und bereitstellt. Die Vorgehensweise zur Datensammlung und -aufbereitung wurde in Kapitel 3.2 Datenerhebungsverfahren näher erläutert. Die Analyse basiert auf dem Vergleich der durchschnittlichen Stillstandszeiten vor und nach der Einführung des Monitors. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine objektive Bewertung des Einflusses des Prototyps auf die Reaktionszeit und Störungsbehebung. Die angewandten Analysemethoden sowie die statistische Grundlage sind bereits in Kapitel 3.3 Datenanalyse beschrieben. Durch diese Methode lässt sich feststellen, ob der Public Monitor tatsächlich zur angestrebten Reduktion der Stillstandszeiten führt und ob die Implementierung für eine langfristige Optimierung in der Fertigung sinnvoll ist. Die detaillierte Auswertung der Daten erfolgt in Kapitel 6 Datenanalyse, in dem die Ergebnisse der Messungen systematisch untersucht und interpretiert werden.

5.1 Datensammlung vor Einführung des Prototyps

Die erste Datensammlung umfasst den Zeitraum 01.11.2024 bis 15.11.2024 und dient als Referenz für die Analyse. Die Daten wurden von der firmeninternen Analyseabteilung bereitgestellt und enthalten die durchschnittliche Standzeiten von zehn Fertigungsanlagen (FA), die als FA 1 bis 10 bezeichnet werden. Die Standzeit wird im Format hh:mm:ss angegeben. Diese Daten bilden die Grundlage, um die Standzeiten vor der Einführung des Prototyps zu analysieren und später mit den Daten nach der Einführung zu vergleichen.

| Fertigungsanlage | Standzeit Störung |
|------------------|-------------------|
| FA 1 | 00:56:44 |
| FA 2 | 01:12:33 |
| FA 3 | 00:53:21 |
| FA 4 | 01:07:45 |
| FA 5 | 00:58:59 |
| FA 6 | 01:14:22 |
| FA 7 | 00:51:48 |
| FA 8 | 00:55:32 |
| FA 9 | 01:20:11 |
| FA 10 | 01:05:07 |
| Mittelwert | 01:03:38 |

Tabelle 1 Fertigungsanlagen_Standzeit_Vorher

Um die Entstehung der Tabelle „Fertigungsanlagen_Standzeit_Vorher“ zu veranschaulichen, wurde eine weitere Tabelle „Fertigungsanlage1_Störung“ bereitgestellt, die detaillierten Informationen über die Ursachen der Standzeiten liefert. Die „Fertigungsanlage1_Störung“ enthält die Störungen der FA1, aufgeschlüsselt nach Datum, Timestamp, Standzeit und Grund der Störung. Die Standzeiten aus „Fertigungsanlage1_Störung“ werden gemittelt, um den entsprechenden Eintrag in „Fertigungsanlagen_Standzeit_Vorher“ zu generieren.

| Datum | Timestamp | Standzeit (hh:mm:ss) | Grund | Fertigungsanlage |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| 01.11.2024 | 06:34:56 | 00:43:04 | Waferbruch | FA 1 |
| 03.11.2024 | 08:45:12 | 01:19:02 | Lichtschränke ausgelöst | FA 1 |
| 03.11.2024 | 17:21:36 | 00:58:06 | Unbekannter Error | FA 1 |
| 07.11.2024 | 04:13:52 | 00:11:09 | Waferbruch | FA 1 |
| 11.11.2024 | 13:14:22 | 02:04:01 | Lichtschränke ausgelöst | FA 1 |
| 12.11.2024 | 09:58:18 | 01:15:39 | Unbekannter Error | FA 1 |
| 14.11.2024 | 14:19:44 | 00:06:07 | Lichtschränke ausgelöst | FA 1 |

Tabelle 2 Fertigungsanlage1_Störung

Um den typischen Ablauf einer Störung zu veranschaulichen, folgt hier ein konkretes Beispiel aus der Praxis:

Am 11.11.2024 trat an der Fertigungsanlage FA 1 um 13:14:22 Uhr eine Störung aufgrund einer ausgelösten Lichtschranke auf. Der Operator bemerkte den Fehler, als die Fertigungsanlage den Prozess unterbrach. Daraufhin erfasste er die Störung in der firmeninternen GUI und änderte den Maschinenstatus auf „Warten auf Instandhaltung“. Die Instandhaltung traf nach 02:04:01 Stunden ein, da der Fehler erst durch die manuelle Statuskontrolle entdeckt wurde. Nach dem Eintreffen der Instandhaltung wurde der Status „Instandhaltung“ gebucht. Die Dauer der Reparatur (Kontrolle der Maschine und Initialisieren) dauerte weitere 15 Minuten. Diese hohe Standzeit hätte vermieden werden können, wenn die Störung früher erkannt und gemeldet worden wäre. Genau hier setzt der Public Monitor an: Er ermöglicht eine sofortige Sichtbarkeit der Maschinenstatus im Großraumbüro, wodurch die Zeit zwischen Störungserfassung und Instandhaltungsreaktion reduziert wird.

5.2 Datensammlung nach der Einführung des Prototyps

Die zweite Datensammlung umfasst den Zeitraum 18.11.2024 bis 02.12.2024 und dient dazu, die Auswirkungen der Einführung des Prototyps auf die Standzeiten der Fertigungsanlagen zu analysieren. Die Daten wurden von der firmeninternen Analyseabteilung bereitgestellt und enthalten die durchschnittliche Standzeiten von zehn Fertigungsanlagen (FA), die in der Tabelle als FA 1 bis FA 10 aufgeführt sind.

Die Standzeiten werden in hh:mm:ss angegeben, was eine präzise und vergleichbare Darstellung der Zeiten ermöglicht. Diese zweite Datensammlung bildet die Grundlage, um die Standzeiten vor und nach der Einführung des Prototyps gegenüberzustellen und den Effekt des Public Monitors auf die Effizienz und Störungsbearbeitung in der Produktion zu bewerten.

Der Vergleich der Daten beider Zeiträume erlaubt es, mögliche Verbesserungen oder Verschlechterungen in den Standzeiten der einzelnen Fertigungsanlagen zu identifizieren. Dabei wird untersucht, ob die Einführung des Prototyps zu einer Reduktion der Ausfallzeiten geführt hat.

| Fertigungsanlage | Standzeit Störung |
|------------------|-------------------|
| FA 1 | 00:34:16 |
| FA 2 | 00:48:12 |
| FA 3 | 00:39:55 |
| FA 4 | 00:52:33 |
| FA 5 | 00:44:27 |
| FA 6 | 00:50:18 |
| FA 7 | 00:32:45 |
| FA 8 | 00:36:11 |
| FA 9 | 00:54:39 |
| FA 10 | 00:41:22 |
| Mittelwert | 00:43:28 |

Tabelle 3 Fertigungsanlagen_Standzeit_Nachher

6. Datenanalyse

In diesem Kapitel werden die gesammelten Daten untersucht und miteinander verglichen. Ziel ist es, die Auswirkungen der Einführung des Prototyps auf die Standzeiten der Fertigungsanlagen zu bewerten und Erkenntnisse für eine Optimierung der Störungsbearbeitung zu gewinnen.

6.1 Untersuchung der Daten

Für die Analyse wurden Daten aus zwei Zeiträumen erhoben: vor der Einführung des Prototyps (01.11.2024 bis 15.11.2024) und nach der Einführung (18.11.2024 bis 02.12.2024). Die firmeninterne Analyseabteilung stellte Excel-Dateien bereit, die die gemittelte Standzeiten der Fertigungsanlagen FA 1 bis FA 10 im Format hh:mm:ss für jeden Zeitraum enthalten.

Der Fokus der Untersuchung liegt auf der Zeitspanne zwischen den Status „Warten auf Instandhaltung“ und „Instandhaltung“. Diese Zwischenzeit wurde als entscheidender Faktor identifiziert, da sie die Dauer zwischen der Erkennung eines Fehlers und dem Eintreffen der Instandhaltung zur Behebung des Fehlers erfasst.

Vor der Einführung des Prototyps betragen die durchschnittlichen Standzeiten aller Fertigungsanlagen 01:03:38 Stunden. Nach der Einführung reduzierte sich dieser Wert auf 00:43:28 Stunden. Diese deutliche Reduzierung wird im nächsten Abschnitt detaillierter analysiert.

6.2 Vergleich zwischen den Daten (Vorher und Nachher)

Die Ergebnisse der Analyse zeigen deutliche Unterschiede in den Standzeiten der Fertigungsanlagen zwischen den beiden Zeiträumen. Vor der Einführung des Prototyps lagen die durchschnittlichen Standzeiten bei 01:03:38 Stunden, während sie nach der Einführung auf 00:43:28 Stunden sanken. Dies entspricht

einer Verringerung um 31,69% und belegt eine deutliche Beschleunigung der Störungsbearbeitung.

Um zu überprüfen, ob die beobachtete Verbesserung statistisch abgesichert ist, wurde zusätzlich ein t-Test für abhängige Stichproben durchgeführt. Die Berechnung erfolgte in Microsoft Excel anhand der Standzeiten der zehn betrachteten Fertigungsanlagen vor (Tabelle 1) und nach (Tabelle 3) der Einführung des Public Monitors. Der Test ergab eine t-Statistik von rund 14,14 bei einem zweiseitigen p-Wert von unter 0,001. Damit ist der Unterschied statistisch signifikant, was bedeutet, dass die Reduktion der Standzeiten mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Einführung des Monitors zurückzuführen ist und nicht durch zufällige Schwankungen erklärt werden kann. (Bortz und Schuster 2010) (siehe Tabelle 4)

| t-Test | Vorher | Nachher |
|---------------------|------------|----------|
| Mittelwert | 01:03:38 | 00:43:28 |
| Beobachtungen | 10 | 10 |
| Freiheitsgrade (df) | 9 | |
| t-Statistik | 14,13590 | |
| P(T<=t) zweiseitig | 1,8865E-07 | |

Tabelle 4 t-Test der Standzeiten vor und nach Einführung des Prototyps

Um die Ergebnisse anschaulich darzustellen, wurde ein Balkendiagramm erstellt, das die Standzeiten der einzelnen Fertigungsanlagen (FA 1 bis FA 10) vor und nach der Einführung des Prototyps gegenüberstellt. Dieses Diagramm macht die Unterschiede zwischen den beiden Zeiträumen sichtbar und zeigt, wie die Echtzeit-Visualisierung durch den Public Monitor die Reaktionszeiten positiv beeinflusst hat.

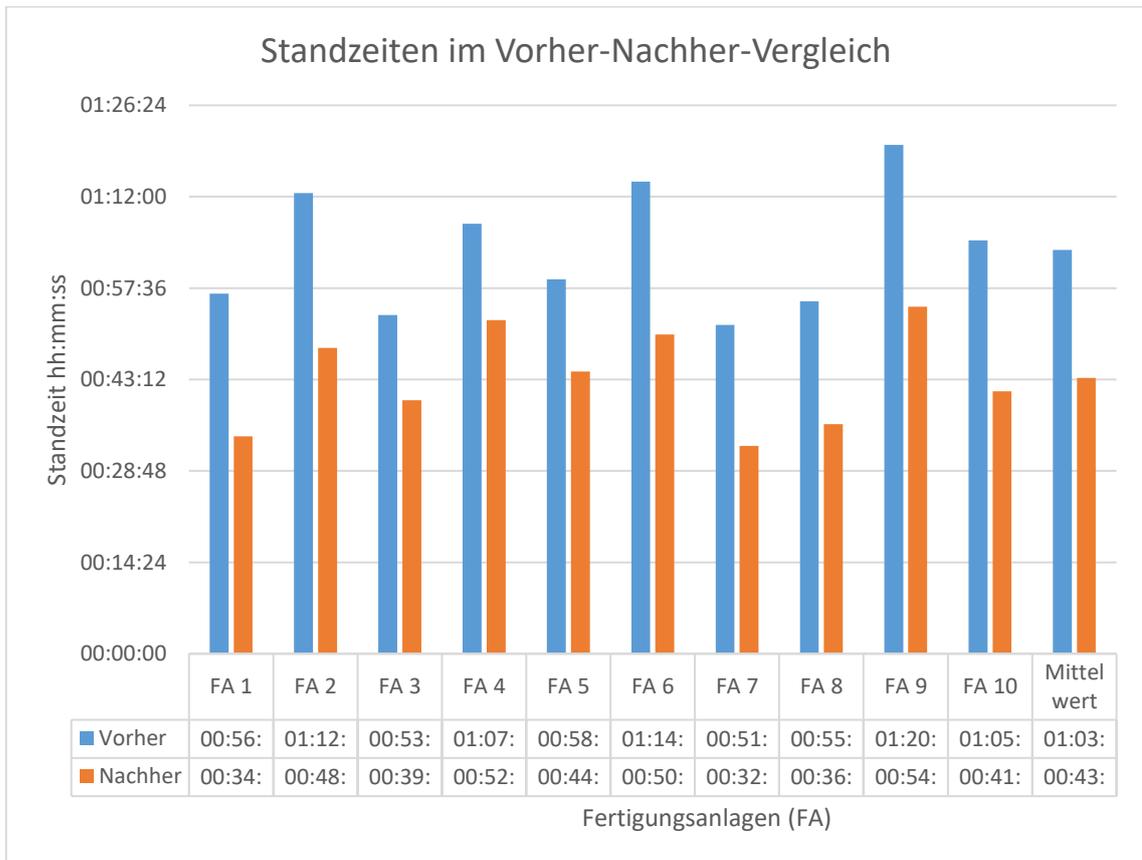


Abbildung 6 Vergleich der Standzeiten vor und nach Einführung des Public Monitors

Die Analyse der Daten bestätigt, dass die Einführung des Public Monitors zu einer deutlichen Verbesserung der Effizienz geführt hat. Die reduzierte Standzeit zeigt, dass die Echtzeit-Anzeige der Störungen eine schnellere Bearbeitung und eine höhere Produktivität ermöglicht.

7. Ergebnisse und Fazit

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Erkenntnisse der Untersuchung dargestellt und abschließend bewertet. Ziel ist es, die Auswirkungen der Einführung des Public Monitors auf die Standzeiten der Fertigungsanlagen zusammenzufassen und die Zielsetzung dieser Arbeit zu reflektieren.

7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Einführung des Public Monitors hat die Effizienz der Störungsbearbeitung in den Fertigungsanlagen deutlich verbessert. Vor der Implementierung betragen die durchschnittlichen Standzeiten im Status „Warten auf Instandhaltung“ und „Instandhaltung“ 01:03:38 Stunden. Nach der Einführung des Prototyps reduzierte sich dieser Wert auf 00:43:28 Stunden, was einer Verringerung um 31,69 % entspricht.

Diese deutliche Reduktion zeigt, dass die Echtzeit-Anzeige von Störungen über den Public Monitor eine schnellere Reaktion und Bearbeitung ermöglicht hat.

7.1.1 Auswirkungen auf den Produktionsalltag

Neben der Reduktion der Standzeiten hatte die Einführung des Public Monitors auch weitere Auswirkungen auf den Produktionsalltag. Die visuelle Anzeige der Maschinenzustände im Großraumbüro sorgte dafür, dass Störungen sofort für alle sichtbar waren – unabhängig davon, ob sich jemand aktiv um eine Anlage gekümmert hat oder nicht. Dadurch konnte schneller reagiert werden, was die Koordination zwischen Produktion, Instandhaltung und IT deutlich erleichtert hat.

Auffällig war, dass weniger Rückfragen notwendig waren und die Kommunikation bei Störungen reibungsloser verlief. Der Informationsfluss wurde verbessert, weil nicht mehr allein auf manuelle Rückmeldungen der Operatoren gewartet werden musste. In vielen Fällen wurde durch den Monitor direkt erkannt, wenn ein

Eingreifen nötig war – das führte zu einer schnelleren Reaktion und entlastete gleichzeitig das Personal vor Ort.

Ein weiterer möglicher positiver Effekt könnte sich in der Verteilung personeller Ressourcen zeigen. Durch die frühzeitige Sichtbarkeit von Störungen über den Public Monitor könnte weniger Zeit für Rückfragen oder manuelle Eskalationen verloren gehen, was eine gezieltere Nutzung der vorhandenen Mitarbeitenden ermöglichen würde. Gerade in Schichten mit reduzierter Besetzung könnte dies zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Arbeitslast beitragen. Auch Leerlaufzeiten in der Instandhaltung könnten dadurch potenziell verringert werden, während die Anlagenverfügbarkeit im Gegenzug steigen könnte. Die zusätzlich gewonnene Zeit könnte gegebenenfalls für präventive Tätigkeiten oder kleinere Wartungsmaßnahmen genutzt werden, was langfristig zu einer höheren Prozessstabilität führen könnte.

Die Einführung des Monitors hat zudem das Bewusstsein für Störungen im Team geschärft. Maschinenzustände wurden präsenter wahrgenommen, was zu einem aktiveren Umgang mit Fehlern geführt hat. Einige Mitarbeitende berichteten, dass sie sich besser informiert fühlten und proaktiver handeln konnten, indem sie die Fehler genauer beschrieben.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Public Monitor nicht nur eine technische Ergänzung darstellt, sondern sich auch positiv auf das Arbeitsverhalten, die Kommunikation und das Reaktionsverhalten im Fertigungsumfeld ausgewirkt hat.

7.2 Diskussion der Ergebnisse im Vergleich zu der Hypothese

Die Analyse der Ergebnisse belegt, dass die Einführung des Prototyps die Zielsetzung dieser Arbeit erfüllt hat. Die verkürzte Zeitspanne zwischen dem Auftreten eines Fehlers und der Bearbeitung durch die Instandhaltung zeigt die Effektivität des Public Monitors als Werkzeug zur Optimierung der

Fertigungsprozesse. Durch die Echtzeit-Visualisierung wurde der Prozess transparenter gestaltet, was die Reaktionszeiten erheblich verkürzte und somit Produktionsausfälle minimierte.

Da der Monitor bereits mit IT und Instandhaltung abgestimmt war und als reine visuelle Ergänzung zum bestehenden System diente, konnte er ohne größere Schulungen eingeführt werden. Dadurch ließ er sich nahtlos in den Arbeitsalltag integrieren, ohne dass bestehende Prozesse angepasst werden mussten. Die direkte Visualisierung ermöglichte eine schnellere Reaktion, sodass sich die Koordination mit den Instandhaltern verbesserte.

Die Reduktion der Standzeiten belegt, dass der Monitor nicht nur für die Überwachung, sondern auch für die Effizienzsteigerung von Produktionsprozessen eine zentrale Rolle spielen kann. Die Ergebnisse untermauern die Hypothese, dass der Einsatz des Prototyps einen positiven Einfluss auf die Produktivität der Fertigungsanlagen hat.

7.2.1 Kritik aus dem Betriebsalltag

Trotz der insgesamt positiven Entwicklung gibt es auch Einschränkungen im täglichen Betrieb, die bei der Bewertung des Monitors berücksichtigt werden sollten. Die Produktion erfolgt im untersuchten Umfeld im 24/7-Betrieb, während das Großraumbüro, in dem der Public Monitor installiert wurde, nur tagsüber und unter der Woche besetzt ist. An Wochenenden und nachts ist dort in der Regel niemand anwesend, weshalb die visuelle Anzeige in diesen Zeiten keinen direkten Nutzen bringt. In diesen Schichten greift das Team daher weiterhin auf die bisherigen Prozesse zurück, was dazu führt, dass sich der positive Effekt des Monitors nicht über alle Zeiträume hinweg entfalten kann.

Es ist allerdings anzumerken, dass gerade in der Nachtschicht erfahrungsgemäß seltener Störungen auftreten, was die praktische Relevanz dieses Punkts etwas relativiert. Dennoch zeigt sich hier eine klare Grenze in der Wirkung des Monitors: Ohne zusätzliche technische Maßnahmen – z. B. durch eine automatisierte

Weiterleitung von Informationen – bleibt die Verbesserung auf die Bürozeiten beschränkt.

Ein weiterer Punkt ist, dass der Monitor zwar zur Optimierung des Störungsmanagements beiträgt, jedoch keine automatisierte Eskalation oder Priorisierung ermöglicht. Die Anzeige ersetzt keine Entscheidung, sondern dient ausschließlich der Sichtbarmachung. Das bedeutet, dass der gewünschte Effekt weiterhin von der Reaktion des Personals abhängt – insbesondere bei parallelen Störungen an mehreren Anlagen.

Trotz dieser Einschränkungen bleibt festzuhalten, dass der Public Monitor eine deutliche Verbesserung für den Tagesbetrieb darstellt. Die gewonnenen Erfahrungen zeigen jedoch auch, dass Potenzial für weitere Optimierungen besteht, insbesondere in Bezug auf eine breitere Abdeckung aller Schichten und automatisierte Informationsverarbeitung.

7.2.2 Wirtschaftliche Aspekte der Einführung

Auch wenn der Schwerpunkt dieser Arbeit auf den technischen und organisatorischen Auswirkungen liegt, lassen sich erste wirtschaftliche Überlegungen anstellen. Der Public Monitor wurde als rein visuelle Erweiterung umgesetzt und konnte ohne größere Systemeingriffe oder Schulungsaufwand eingeführt werden. Dadurch entstanden nur geringe Kosten, was ihn zu einer einfachen und kosteneffizienten Maßnahme macht.

Die Reduktion der durchschnittlichen Standzeiten um 31,69 % kann aus wirtschaftlicher Sicht als deutlicher Effizienzgewinn betrachtet werden. In einer 24/7-Fertigung bedeutet jede eingesparte Minute mehr verfügbare Produktionszeit und weniger Ausfallkosten. Schon kleinere Verbesserungen bei der Reaktionszeit können sich über das Jahr hinweg deutlich bemerkbar machen – insbesondere, wenn der Monitor dauerhaft eingesetzt oder auf weitere Anlagen ausgeweitet wird.

Langfristig könnte sich der Monitor daher auch wirtschaftlich lohnen. Auch die mögliche Entlastung bei der Personaleinsatzplanung, etwa durch bessere Koordination der Instandhaltung, würde sich positiv auswirken. Zwar wurde im Rahmen dieser Arbeit keine konkrete Kostenrechnung durchgeführt, aber es zeigt sich, dass der Nutzen über den reinen Informationsgewinn hinausgehen kann.

7.2.3 Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext

Die in dieser Arbeit beobachteten Effekte lassen sich auch im betrieblichen Gesamtzusammenhang einordnen. Der Public Monitor trägt dazu bei, Maschinenzustände schneller wahrzunehmen und Störungen früher zu bearbeiten. Dadurch wird der gesamte Ablauf im Störfall transparenter, und Entscheidungen können zügiger getroffen werden.

Auch wenn es sich um ein einfaches System handelt, zeigt sich, dass schon eine visuelle Anzeige spürbare Auswirkungen auf die Zusammenarbeit und das Reaktionsverhalten im Alltag haben kann. Diese Erkenntnisse decken sich mit den Zielen von Industrie 4.0, wonach durch digitale Transparenz und den Zugang zu Echtzeitinformationen eine effizientere, eigenverantwortlichere Prozesssteuerung erreicht werden soll (Kagermann, Wahlster und Helbig 2013). Die direkte Sichtbarkeit der Maschinenzustände führt zu einem bewussteren Umgang mit auftretenden Fehlern und stärkt die Eigenverantwortung im Team.

Insgesamt lässt sich sagen, dass der Monitor nicht nur als technisches Hilfsmittel wirkt, sondern auch die Kommunikation, Wahrnehmung und Koordination im Störfall verbessert – und damit einen praktischen Beitrag zur Weiterentwicklung der Arbeitsprozesse leisten kann.

7.3 Fazit

Ziel dieser Arbeit war es, die Auswirkungen eines Public Monitors auf die Reaktionszeit bei Maschinenstörungen zu untersuchen. Im Fokus stand die

Zeitspanne zwischen dem Status „Warten auf Instandhaltung“ und „Instandhaltung“. Nach der Einführung des Monitors konnten die durchschnittlichen Standzeiten der zehn betrachteten Fertigungsanlagen um rund 31,69 % reduziert werden. Ein durchgeführter t-Test bestätigte, dass dieser Unterschied statistisch signifikant ist ($p < 0,001$). Die Ergebnisse zeigen also eine messbare und nachvollziehbare Verbesserung der Reaktionszeit.

Neben der reinen Standzeitverkürzung ergaben sich weitere positive Effekte im Produktionsalltag. Durch die Sichtbarkeit der Maschinenzustände wurde die Kommunikation zwischen den beteiligten Abteilungen verbessert und die Reaktionswege verkürzt. Auch die Verteilung personeller Ressourcen konnte gezielter erfolgen, was insbesondere in Schichten mit reduzierter Besetzung hilfreich war. Das Bewusstsein für Störungen wurde geschärft, was zu einem aktiveren Umgang mit Fehlern geführt hat.

Gleichzeitig wurden auch Schwachstellen deutlich. In der Nacht- und Wochenendschicht konnte der Monitor nur eingeschränkt wirken, da das Großraumbüro in dieser Zeit nicht besetzt ist. Hier könnte eine technische Erweiterung sinnvoll sein, etwa durch automatische Benachrichtigungen.

Insgesamt zeigt die Arbeit, dass bereits eine einfache visuelle Lösung wie der Public Monitor dazu beitragen kann, Reaktionszeiten zu verbessern und Prozesse transparenter zu gestalten. Der entwickelte Prototyp hat sich im getesteten Umfeld bewährt und bietet Potenzial für eine breitere Anwendung.

7.4 Ausblick

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben dazu beigetragen, den praktischen Nutzen des Public Monitors im Produktionsumfeld sichtbar zu machen. Auf Basis der positiven Wirkung wurde entschieden, den Prototyp dauerhaft im Einsatz zu belassen. In Zusammenarbeit mit der zuständigen Führungskraft wird geprüft, welche weiteren Fertigungsanlagen oder Informationen künftig auf dem Monitor

angezeigt werden können. Ziel ist es, die Transparenz noch weiter zu erhöhen und die Nutzung für alle Beteiligten möglichst effektiv zu gestalten.

Darüber hinaus wird aktuell diskutiert, ob ähnliche Monitore auch in anderen Büros zum Einsatz kommen könnten – insbesondere in Bereichen, die nachts oder an Wochenenden besetzt sind. So ließe sich die Sichtbarkeit von Störungen auch außerhalb der regulären Bürozeiten verbessern. Erste Rückmeldungen der beteiligten Mitarbeitenden zum Monitor fielen durchweg positiv aus. Es wurde bestätigt, dass die Darstellung der Maschinenzustände hilfreich ist, um schnell und gezielt zu reagieren.

Da weder umfangreiche Schulungen noch komplexe Systemanpassungen erforderlich waren und auch die Kosten überschaubar bleiben, wird die Idee intern weiterverfolgt. Die bisherigen Ergebnisse legen nahe, dass der Monitor nicht nur technisch, sondern auch organisatorisch gut in bestehende Abläufe integrierbar ist. Eine schrittweise Ausweitung des Einsatzes auf weitere Bereiche erscheint daher sinnvoll.

8. Literaturverzeichnis

Bortz, Prof. Dr. Jürgen, und Prof. Dr. Christof Schuster. *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Justus-Liebig-Universität 35394 Gießen: Springer-Verlag GmbH, 2010.

entegris. 13. Jänner 2025. <https://www.entegris.com/shop/en/USD/products/wafer-handling/wafer-processing/200-mm-wafer-processing/20X-Series-200-mm-Wafer-Transport-Carriers/p/20XSeriesWaferTransportCarriers> (Zugriff am 13. Jänner 2025).

Fahrmei, Professor Dr. Ludwig, Dr. Rita Künstler, Professor Dr. Iris Pigeot, und Professor Dr. Gerhard Tutz. *Statistik: Der Weg zur Datenanalyse*. Springer-Verlag, 2006.

heinen-elektronik. 13. Jänner 2025. <https://heinen-elektronik.de/glossar/wafer/> (Zugriff am 13. Jänner 2025).

Hilleringmann, Ulrich. *Silizium- Halbleitertechnologie: Grundlagen mikroelektronischer Integrationstechnik*. Paderborn: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2023.

Kagermann, Prof. Dr. Henning, Prof. Dr. Wolfgang Wahlster, und Dr. Johannes Helbig. *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*. 60528 Frankfurt/Main: Büro der Forschungsunion, 2013.

mechatronic. 2024. <https://mechatronic.at/mechatronic-wafer-sorter> (Zugriff am 31. Dezember 2024).

Piepmeyer, Prof. Dr. Lothar. *Grundkurs Datenbanksysteme: Von den Konzepten bis zu Anwendungsentwicklung*. Carl Hanser Verlag München Wien , 2011.

Rasch, Björn, Malte Friese, Wilhelm Hofmann, und Ewald Naumann. *Quantitative Methoden 1: Einführung in die Statistik für Psychologie, Sozial- & Erziehungswissenschaften*. Fribourg (CH)/Saarbrücken/Bochum/Trier: Springer-Verlag GmbH, 2021.

thoughtco. 13. Jänner 2025. <https://www.thoughtco.com/interesting-silicon-element-facts-4115656> (Zugriff am 13. Jänner 2025).

Glossar

| Begriff | Definition |
|--|---|
| 24/7-Fertigung | Bezeichnung für einen durchgängigen Produktionsbetrieb über 24 Stunden an sieben Tagen pro Woche – ohne planmäßige Unterbrechung. |
| Arithmetisches Mittel | Durchschnittswert, berechnet durch die Summe aller Einzelwerte geteilt durch deren Anzahl. Dient in dieser Arbeit zur Bewertung der Standzeiten. |
| Fertigungsanlage (FA) | Bezeichnung für die untersuchten Maschinen im Produktionsumfeld. Die Analyse umfasst zehn Anlagen (FA 1 bis FA 10). |
| Großraumbüro | Ein offener Büroraum, in dem mehrere Mitarbeitende aus verschiedenen Abteilungen arbeiten. In dieser Arbeit Standort des Public Monitors. |
| Instandhaltung | Abteilung, die für die Wartung und Behebung technischer Störungen an Produktionsanlagen zuständig ist. |
| Produktionsausfall / Stillstand | Zeitraum, in dem eine Maschine nicht produzieren kann – etwa durch eine Störung. In dieser Arbeit als „Standzeit“ bezeichnet. |
| Prototyp | Eine erste funktionale Version eines technischen Systems – hier: der Public Monitor. Dient zur Erprobung in der realen Arbeitsumgebung. |
| Public Monitor | Ein Bildschirm zur Darstellung von Maschinenzuständen in Echtzeit. Unterstützt die Reaktionsfähigkeit bei Störungen. |
| p-Wert | Ergebnis eines statistischen Tests. Zeigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Unterschied rein zufällig ist. Ein p-Wert < 0,05 gilt als statistisch signifikant. |

| | |
|---|---|
| Reaktionszeit | Zeitspanne zwischen dem Auftreten einer Störung und dem Beginn der Bearbeitung durch die Instandhaltung. |
| Standzeit | Zeitraum, in dem eine Fertigungsanlage aufgrund einer Störung nicht produktiv ist. |
| Störungsstatus „Warten auf Instandhaltung“ | Maschinenzustand, der signalisiert, dass eine Störung erkannt wurde, jedoch noch nicht bearbeitet ist. |
| t-Test | Statistisches Verfahren zum Vergleich zweier verbundener Gruppen (z. B. Vorher-Nachher). Wird genutzt, um die Signifikanz eines Unterschieds zu prüfen. |
| Visualisierung | Darstellung von Informationen in grafischer oder textlicher Form – z. B. durch den Public Monitor zur Anzeige von Maschinenstatus. |