

Markus Martl

Production Data Evaluation, Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Digital Twin

Part of an enterprise-wide digitalization strategy to increase productivity and efficiency in the production process.

Produktionsdatenauswertung, Gesamtanlageneffektivität (OEE) und Digitaler Zwilling

Teil einer unternehmensweiten Digitalisierungsstrategie zur Steigerung der Produktivität und Effizienz im Produktionsprozess.

Lingl is offering its customers a holistic solution to reduce downtime as well as to collect and display production data. This is designed to enable the plant operator to increase machine efficiency. Basis for the further-developed system is the MBVL operating and visualization system which has been in existence since 1997 and has proven its worth more than 800 times.

Lingl bietet seinen Kunden eine ganzheitliche Lösung, um Ausfallzeiten zu reduzieren sowie Produktionsdaten zu erfassen und darzustellen. Dem Anlagenbetreiber soll die Möglichkeit gegeben werden, die Maschineneffizienz zu erhöhen. Basis des weiterentwickelten Systems ist das seit 1997 bestehende und mehr als 800-fach bewährte Maschinen-Bedien- und Visualisierungssystem MBVL.

Introduction

Terms such as "Industry 4.0" and "Industrial Internet of Things" are keywords when it comes to talking about digitalization. These terms are also related to global actions by governments and industry associations which already started more than ten years ago. The general ideas behind it are quite similar to or the same as each other. Ultimately, it is about the "intelligent" factory ("Smart Factory") amongst other things:

- › Batch size "1" production
- › Resource efficiency
- › Ergonomics

The general objective behind it can also be described in this way: Making the complexity controllable. To achieve this, it is necessary to merge information and communication, automation and production technologies. The basis for this has now been created, that is the networked objects. According to various studies, the number of Ethernet components will increase from 500 mill. in 2003 to over 75 bill. in 2025.

Component suppliers are now advertising products for predictive maintenance, cloud solutions, and more recently artificial intelligence, which can be used by machine and plant manufacturers. For example, data are to be collected and evaluated in a cloud in order to predict future machine breakdowns. The aim behind this is to reduce downtimes and increase machine running times accordingly. These approaches are promising; a breakthrough has not yet taken place owing to a lack of mathematical models (accurate prediction of downtime), but also owing to the question of data sovereignty/security (cloud) and costs.

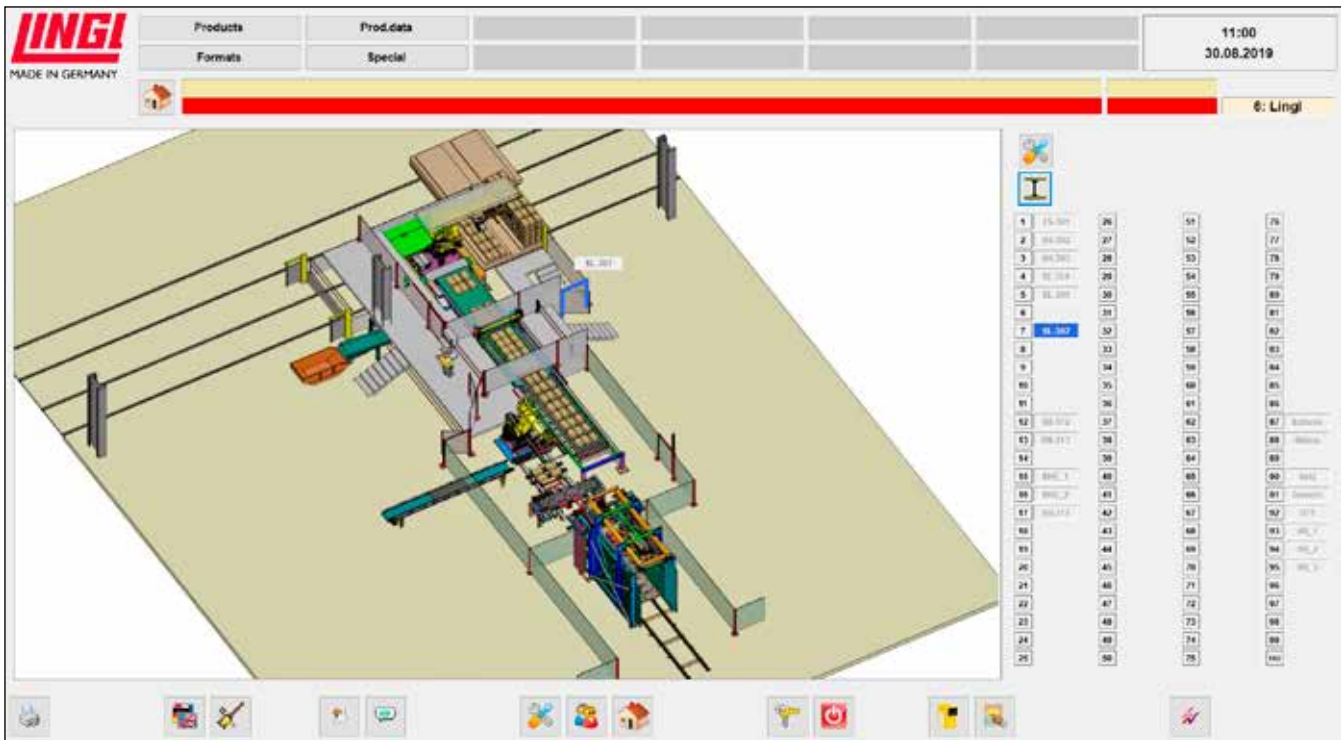
Einleitung

Bezeichnungen wie „Industrie 4.0“ und „Industrial Internet of Things“ sind Schlüsselworte, wenn über Digitalisierung gesprochen wird. Diese Begriffe hängen auch mit weltweiten Aktionen von Regierungen und Industrieverbänden zusammen, die bereits vor mehr als zehn Jahren begonnen haben. Die generellen Ideen dahinter sind ziemlich ähnlich bis gleich. Es geht letztendlich um die „intelligente“ Fabrik („Smart Factory“) für u.a.:

- › Losgröße-„1“-Produktion
- › Ressourceneffizienz
- › Ergonomie

Das generelle Ziel dahinter kann man auch so beschreiben: die Komplexität beherrschbar machen. Um dies zu erreichen, ist ein Verschmelzen von Informations- und Kommunikations- sowie Automatisierungs- und Produktionstechnologien notwendig. Die Basis dafür ist mittlerweile geschaffen: vernetzte Objekte. Nach verschiedenen Studien steigt die Anzahl der Ethernet-Komponenten von 500 Mio. in 2003 auf über 75 Mrd. in 2025 an.

Komponentenlieferanten werben mittlerweile mit Produkten für Predictive Maintenance, Cloud-Lösungen und neuerdings mit künstlicher Intelligenz, die von Maschinen- und Anlagenbauern eingesetzt werden können. So sollen z. B. Daten in einer Cloud gesammelt und ausgewertet werden, um darüber zukünftige Maschinenausfälle vorherzusagen. Das Ziel ist es, Ausfallzeiten zu reduzieren und die Maschinenlaufzeiten dementsprechend zu erhöhen. Diese Ansätze sind vielversprechend. Einen Durchbruch hat es aber aufgrund fehlender mathematischer Modelle (genaue Vorhersage der Ausfallzeit) wegen der



Pictures/Bilder: Lingl

- »1 Overview of the safety barriers
- »1 Abschränkungsübersicht

Lingl has thus set out to offer its customers a holistic solution to reduce downtimes, collect and display production data in order to give the plant operator the opportunity to increase machine efficiency. The further development is based on the MBVL machine operating and visualization system, which has been in existence since 1997 and has proven its worth more than 800 times. Because this system is a database-based Windows application developed specifically for this purpose, the following options and functions could be implemented as extensions:

- › 3D system overview
- › Digital twin
- › Production data
- › Overall equipment effectiveness OEE

3D system overview

The increasingly large and more complex part of machine control is machine and personnel safety. In order to take this development into account, safety has been integrated into the control software of the programmable logic controller. Advantages are:

- › smaller safety areas so that on access the entire machinery does not come to a standstill
- › better diagnosis for faster restarting after a machine shutdown and breakdown
- › faster commissioning

Because of this, additional 3D overview images have been integrated for quick finding of the activated security area. »1 shows in detail the triggered (passed through) security door/photocell and thus the machine area in standstill. The advantages are:

- › a better overview thanks to the realistic representation
- › faster detection of the triggered safety barrier and thus a faster restart of the machine in order to start production as quickly as possible

Frage der Datenhoheit bzw. Datensicherheit (Cloud) und der Kosten noch nicht gegeben.

Lingl hat deshalb einen eigenen Weg beschritten, um seinen Kunden eine ganzheitliche Lösung zu bieten, um Ausfallzeiten zu reduzieren, Produktionsdaten zu erfassen und darzustellen. Dem Anlagenbetreiber soll die Möglichkeit gegeben werden, die Maschineneffizienz zu erhöhen. Basis der Weiterentwicklung ist das seit 1997 bestehende und mehr als 800-fach bewährte Maschinen-Bedien- und Visualisierungssystem MBVL. Weil dieses System eine eigens entwickelte, datenbank-basierende Windows-Anwendung ist, konnten die folgend beschriebenen Optionen und Funktionen als Erweiterung implementiert werden:

- › 3-D-Anlagenübersicht
- › Digitaler Zwilling/Digital Twin
- › Produktionsdaten
- › Gesamtanlageneffektivität OEE

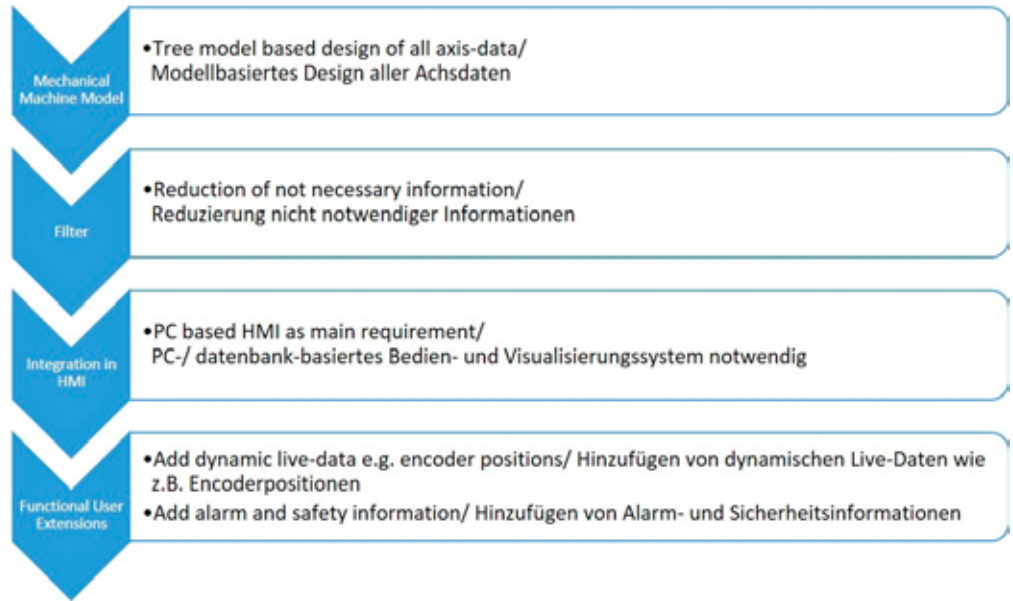
3D-Anlagenübersicht

Der immer größer und komplexer werdende Teil der Maschinensteuerung ist die Maschinen- und Personensicherheit. Um dieser Entwicklung Rechnung zu tragen, wurde die Sicherheit in die Steuerungssoftware der speicherprogrammierbaren Steuerung integriert. Vorteile sind:

- › kleinere Sicherheitsbereiche, damit bei Zugang nicht die gesamte Maschinenanlage zum Stillstand kommt
- › eine bessere Diagnose für schnelleres Wiederinbetriebsetzen nach Maschinenstillstand und Störung
- › eine schnellere Inbetriebnahme

Auch aus diesem Grund wurden zusätzlich 3D-Übersichtsbilder für ein schnelles Auffinden des aktivierten Sicherheitsbereichs eingebunden. »1 zeigt detailliert die ausgelöste (durchschrittene) Sicherheitstüre/-fotозelle und somit den im Stillstand befindlichen Maschinenbereich. Die Vorteile sind:

- »2 Design process of the digital twin
- »2 Erstellung des digitalen Zwillings



Digital twin

In recent years, we have found that while the terms digitalization and digital twin are widely used, many people understand them to mean different things.

Wikipedia, for example, says: "A digital twin is a digital representation of a material or immaterial object or process from the real world".

The definition is very general, so that it can be used in many different contexts. Some of the meanings are, for example:

- » Plant surveying / plant view in the planning phase
- » Online machine status
- » Organization (process optimization with artificial intelligence)

- » eine bessere Übersicht durch die realitätsnahe Darstellung
- » ein schnelleres Auffinden der ausgelösten Sicherheitsbarriere und Neustart der Maschine, um die Produktion so zeitnah wie möglich aufzunehmen

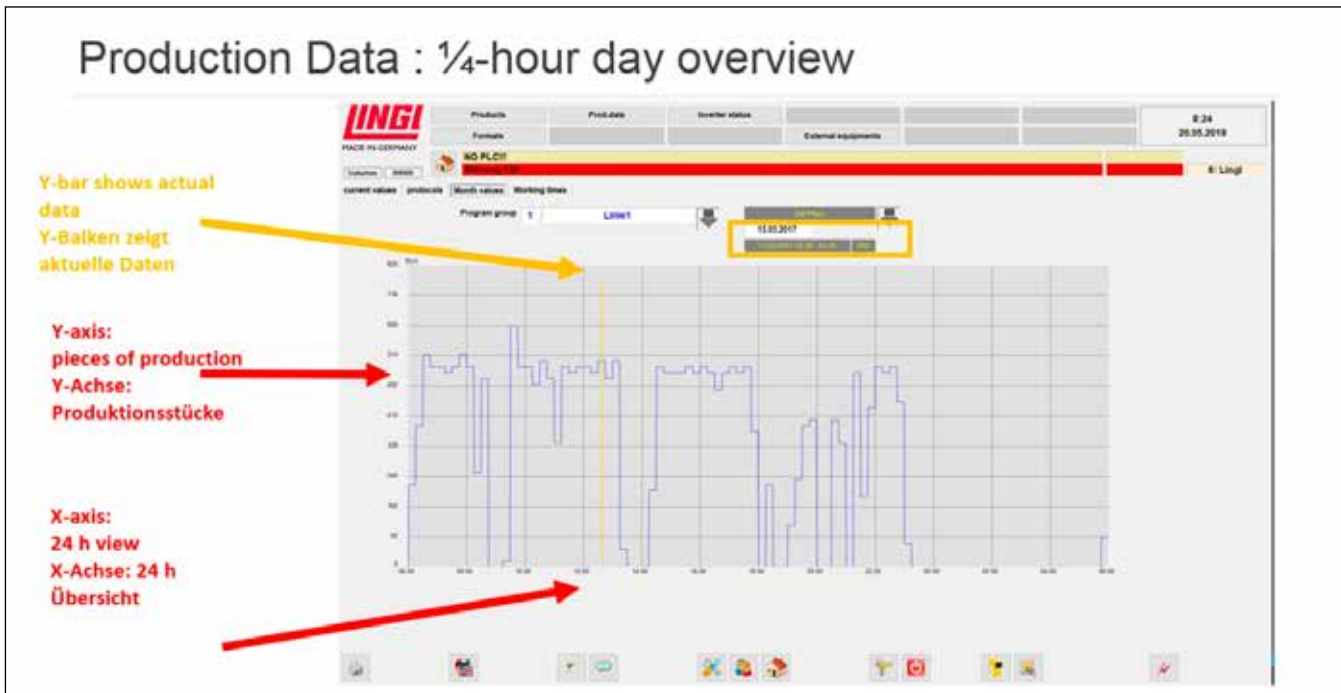
Digitaler Zwilling/Digital Twin

In den letzten Jahren konnte man feststellen, dass die Begriffe Digitalisierung und Digitaler Twin zwar häufig verwendet werden, aber viele Menschen darunter unterschiedliche Dinge verstehen.

Wikipedia zum Beispiel sagt: „Ein digitaler Zwilling ist eine digitale Repräsentanz eines materiellen oder immateriellen Objekts oder Prozesses aus der realen Welt“.



- »3 Digital Twin in the MBVL
- »3 Digitaler Zwilling im MBVL



- »4 Production data: quarter-hour view
- »4 Produktionsdaten: Viertelstundenansicht

Lingl views the online machine status as a great additional customer benefit in the visualization and has therefore developed it as an optional product. »2 gives a short overview of the workflow for the digital twin model:

The 3D data model created in mechanical design is initially reduced with the removal of unnecessary information such as screws and threaded bolts. The background is such that a standard industrial PC can still be used on the machinery. At runtime, the 3D model is linked to all necessary dynamic data of the controller, such as:

- › Switch positions
- › Absolute value and Motor Encoder Data
- › Status and alarm information
- › Security area data (doors, photocells, scanners)

This provides the system operative and operator with a live view of the entire machine, which enables the following functions, including:

- › Machine status is displayed in real time on the operating system
- › Operation on the touch monitor with zoom and rotation functions similar to familiar 3D applications
- › Intuitive selection of the machines "from big to small" with jump to the manual function level by simply clicking on the corresponding drive
- › Faster error detection, as the operator is visually supported, e.g. display of counter readings; flashing of the faulty machine element
- › Remote support is facilitated as the current machine position is always displayed

Production data

Another standard function of the MBVL is an extensive production data acquisition from the machines. The database-based solution enables a shift, daily, and weekly evaluation of the pro-

Die Definition ist sehr allgemein, sodass die Verwendung in vielen verschiedenen Zusammenhängen möglich ist. Einige Bedeutungen sind zum Beispiel:

- › Anlagenvermessung/Anlagensicht in der Planungsphase
- › Online-Maschinenstatus
- › Organisation (Prozessoptimierung durch künstliche Intelligenz)

Lingl sieht im Online-Maschinenstatus in der Visualisierung einen großen zusätzlichen Kundennutzen und hat ihn deshalb als optionales Produkt entwickelt. »2 gibt einen kurzen Überblick über den Workflow für das Modell des Digitalen Zwilling:

Das in der mechanischen Konstruktion entstandene 3D-Datenmodell wird zunächst um nicht notwendige Informationen wie Schrauben, Gewindebolzen reduziert. Der Hintergrund ist, dass so an der Maschinenanlage weiterhin ein Standard-Industrie-PC verwendet werden kann. Zur Laufzeit wird das 3D-Modell mit allen notwendigen dynamischen Daten der Steuerung verknüpft, wie:

- › Schalterpositionen
- › Absolutwert- und Motorgeberdaten
- › Status- und Alarminformationen
- › Daten der Sicherheitsbereiche (Türen, Fotozellen, Scanner)

Daraus wird für den Anlagenbediener und -betreiber eine Live-Ansicht der gesamten Maschine erstellt, welche unter anderem folgenden Funktionen ermöglicht:

- › Maschinenstatus wird in Echtzeit am Bediensystem abgebildet
- › Bedienung am Touchmonitor mit Zoom- und Drehfunktionen wie bei bekannten 3D-Anwendungen
- › intuitives Auswählen der Maschinen „vom Großen ins Kleine“ mit Sprung in die Handfunktionsebene durch Anklicken des entsprechenden Antriebs
- › schnellere Fehlerfindung, weil der Bediener visuell unterstützt wird, z.B. Anzeigen von Zählerständen; Aufleuchten des fehlerhaften Maschinenelements

duction output for each product. Configurable counters allow easy expansion with additional own counts. It has been shown that a very useful functionality for evaluating productivity is to be able to see machine performance over a short period of time. Therefore, production data are recorded in quarter-hour intervals (»4).

This data is archived using the csv format in order to make it available to a higher-level management information system.

Overall equipment effectiveness OEE

But how can production data help us without detailed information about the reasons why production is the way it is?

The mass production industry, starting from the automotive industry, has implemented OEE as a performance indicator for a detailed production analysis.

Overall equipment effectiveness is a term in production that evaluates production effectiveness. The concept is the product of:

- › Availability (loss) AL
- › Performance (loss) PL
- › Quality (loss) QL

The OEE formula was thus:

$$OEE = AL \times PL \times QL \quad (1)$$

Therefore, Lingl started to implement the OEE as an additional standard report on its machine control at the beginning of 2019 in order to support the customer in the analysis of his production. As in the production data display, shift, daily and monthly data are displayed for the entire controlled machine system:

- › Remotesupport wird erleichtert, weil stets die aktuelle Maschinenstellung dargestellt wird

Produktionsdaten

Eine weitere Standardfunktion des MBVL ist eine umfangreiche Produktionsdatenerfassung der Maschinen. Die datenbankbasierte Lösung gestattet für jedes Produkt eine Schicht-, Tages-, Wochenauswertung der Produktionsleistung. Konfigurierbare Zähler ermöglichen eine einfache Erweiterung um zusätzliche eigene Zählungen. Es hat sich gezeigt, dass eine sehr nützliche Funktionalität zur Auswertung der Produktivität darin besteht, die Maschinenleistung über einen kurzen Zeitraum zu sehen. Darum werden die Produktionsdaten in Viertelstundenabschnitten erfasst (»4).

Diese Daten werden über das csv-Format archiviert, um sie einem übergeordneten Management-Information-System zur Verfügung zu stellen.

Gesamtanlageneffektivität OEE

Was helfen die Produktionsdaten ohne detaillierte Informationen darüber, warum die Produktion so ist, wie sie ist?

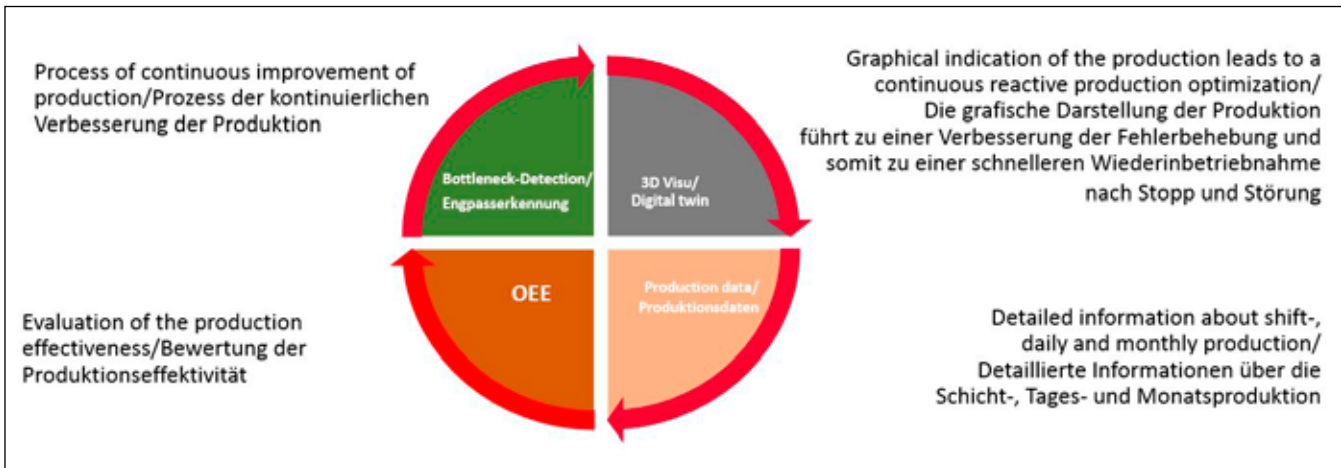
Die Massenproduktionsindustrie, angefangen von der Automobilindustrie, hat für eine detaillierte Produktionsanalyse die OEE als Leistungskennzahl implementiert.

Die Gesamtanlageneffektivität ist ein Begriff in der Produktion, der die Produktionseffektivität bewertet. Der Begriff ist das Produkt von:

- › Verfügbarkeit (Verlust) AL
- › Leistung (Verlust) PL
- › Qualität (Verlust) QL



- »5 OEE display as month view
- »5 OEE-Anzeige als Monatsansicht



- »6 Tools in the context of increasing efficiency
- »6 Werkzeuge im Kontext zur Effizienzsteigerung

- › Availability here means the machine running during the period, i.e. shift time minus downtimes divided by the shift time
- › Performance means the actual performance related to the nominal performance
- › Quality is e.g. the packed bricks compared to the unloaded bricks (i.e. minus the sorted-out quantity)

The benefit is that plant operators and management can identify the qualitative and quantitative causes of performance loss and determine appropriate corrective measures.

Summary

Pictures or graphics show more than just text. In »6 the relationship is illustrated between:

- › 3D visualization/Digital Twin
- › Information about production data
- › OEE
- › Bottleneck detection

The four tools already described in one operating system, such as the Lingl MBVL system, help production management to increase production with a "manual" bottleneck detection in the real environment of daily work in the factory. Manually, because management uses the production and OEE information to identify bottlenecks and optimize production.

Die OEE-Formel lautete somit:

$$OEE = AL \times PL \times QL \quad (1)$$

Lingl hat Anfang 2019 damit begonnen, die OEE als zusätzlichen Standardbericht über die Maschinensteuerung zu implementieren, um dem Kunden bei der Analyse seiner Produktion zu unterstützen. Wie in der Produktionsdatenanzeige werden hierbei Schicht-, Tages- und Monatsdaten über die gesamte gesteuerte Maschinenanlage angezeigt:

- › Verfügbarkeit bedeutet hier, die im Zeitraum laufende Maschine, sprich z.B. Schichtzeit abzüglich Störzeiten geteilt durch die Schichtzeit
- › Leistung bedeutet die Ist-Leistung bezogen auf Sollleistung
- › Qualität definiert z.B. die verpackten Ziegel verglichen mit den entladenen Ziegeln (also abzüglich der aussortierten Menge)

Anlagenbediener und Management können damit die Leistungsverlustursachen qualitativ und quantitativ erkennen und entsprechende Korrekturmaßnahmen festlegen.

Zusammenfassung

Bilder oder Grafiken zeigen mehr als nur Text, in »6 ist deshalb der Zusammenhang dargestellt zwischen:

- › 3D-Visualisierung/Digitaler Zwilling
- › Informationen über Produktionsdaten
- › OEE
- › Flaschenhalserkennung

Die vier bereits beschriebenen Werkzeuge in einem Bediensystem wie dem MBVL-System von Lingl helfen dem Produktionsmanagement, die Produktion durch eine "manuelle" Engpasserkennung im realen Umfeld der täglichen Arbeit im Werk zu steigern. Manuell, weil das Management anhand der Produktions- und OEE-Informationen herausfindet, wo sich die Engpässe befinden, und so die Produktion optimiert. 