

# Inhaltsverzeichnis

<b>An Stelle eines Vorworts: Wünsche zur Digitalisierung</b> .....	7
<b>1 Internet der Dinge für Verdichter, Pumpen, Ventilatoren und Hebezeuge</b> ...	13
1.1 Die vierte industrielle Revolution .....	13
1.2 Unterschiede zu Werkzeugmaschinen, Autos oder eCommerce .....	14
1.3 Der Weg zur Digitalisierung .....	16
<b>2 Sensoren für Arbeitsmaschinen</b> .....	19
2.1 Besondere Anforderungen an die Sensoren .....	19
2.2 Wicklungstemperatur des Motors .....	20
2.3 Lagertemperatur .....	21
2.4 Medientemperatur .....	22
2.5 Motorstrom .....	23
2.6 Netzspannung .....	24
2.7 Flüssigkeitsstand .....	26
2.8 Vibration .....	27
2.8.1 Schwingungssignale .....	28
2.8.2 Auswertung der Signale .....	29
2.8.3 Probleme bei der Schwingungsanalyse .....	31
2.9 Druckmessung .....	31
2.10 Sensoren aus dem Smartphone .....	32
<b>3 Daten vernetzter Maschinen</b> .....	33
3.1 Typische Daten von Investitionsgütern .....	33
3.2 Arbeitspunkt der Maschine .....	33
3.3 Kritische Zustände der Maschine erkennen .....	36
3.4 Datenreihen der Maschine .....	36
<b>4 Digitalisierung und Übertragung der Messwerte</b> .....	39
4.1 Analoge Sensorsignale müssen digitalisiert werden .....	39
4.1.1 Analog und Digital: zwei Welten .....	39
4.1.2 Technologie der Digitalisierung .....	40
4.1.3 Neue Möglichkeiten durch Digitalisierung .....	41

4.2	Digitale Einzelkomponenten und das Gesamtsystem	42
4.2.1	Systemebene für Daten beachten	42
4.2.2	Top-Down-Ansatz: Wo und wie sollen die Daten ausgewertet werden?	43
4.2.3	Daten: Vollständigkeit erreichen, Redundanz vermeiden	46
4.2.4	Verbindungstechnologie auswählen	46
4.3	Anlagen auf zukünftige Entwicklungen vorbereiten	47
4.4	Ausblick in die Zukunft	49
4.4.1	Mehr Sensoren und Elektronik direkt in der Maschine	49
4.4.2	Sensoren durch Modellbildung ersetzen	49
4.4.3	Vereinfachte Kommunikation durch Standardisierung	50
<b>5</b>	<b>Geschäftsmodelle finden: wie verdient man mit der Digitalisierung Geld?</b>	<b>51</b>
5.1	Einführung	51
5.1.1	Vernetzte Maschinen und Soziale Netzwerke?	51
5.1.2	Business Canvas Modelling	51
5.1.3	Disruptive oder evolutionäre Veränderung	52
5.1.4	Rechtliche Rahmenbedingungen	52
5.2	Predictive Maintenance: Fehler frühzeitig erkennen	53
5.2.1	Zeitreihen auswerten	54
5.2.2	Mehrdimensionale Datensätze bewerten	56
5.2.3	Datenbanken analysieren	56
5.3	Maschinenausfälle und Fehler durch Nutzung von Daten vermeiden	57
5.4	Geodaten nutzen	58
5.5	Kundenbeziehung durch Apps und Software verbessern	60
5.6	Energiesparend regeln	62
5.6.1	Klimaanlagen bedarfsorientiert regeln	62
5.6.2	Ineffizienzen vermeiden	62
5.6.3	Frequenzumrichter optimal einsetzen	63
5.6.4	Vorteile des EC-Motors ausnutzen	64
5.7	Notbetrieb für Ausnahmestände	65
5.8	Betreibermodelle: Maschinennutzung statt Maschinen (ver-)kaufen	66
5.9	Retrofitting bestehender Anlagen	66
5.10	Adaption an fluktuierende Energieerzeugung	68
<b>6</b>	<b>Cyber-Security</b>	<b>69</b>
6.1	Unterschiede zwischen Maschinen und Bürocomputern	70
6.2	Angriffsmöglichkeiten auf Arbeitsmaschinen	72
6.2.1	Angriffe über das Internet	72
6.2.2	Angriffe über USB-Ports	74

6.2.3	Angriffe über Raspberry Pi etc. ....	75
6.2.4	Angriffe über Bluetooth oder WLAN ....	75
6.2.5	Gefahren für vernetzte Maschinen ....	76
6.3	Risikoanalyse durchführen ....	76
6.4	Wichtige Sicherheitsmaßnahmen ....	78
6.4.1	Phase 1: Architektur und Planung ....	78
6.4.2	Phase 2: Installation im Feld ....	79
6.4.3	Phase 3: Wartung und Pflege während der Lebensdauer im Feld ....	80
6.4.4	Phase 4: Außerbetriebnahme und Entsorgung ....	82
6.5	Allgemeine Sicherheits-Konzepte der IT ....	82
6.6	Sicherheits-Konzepte fokussiert auf vernetzte Arbeitsmaschinen. ....	83
6.6.1	Unidirektionale Vernetzung ....	83
6.6.2	Schaltbare Vernetzung ....	84
6.6.3	Sicherer Fern-Reset ....	86
6.6.4	Trennung von Vernetzung und Grundfunktion über Gateways ....	86
6.6.5	Zwei Prozessoren ....	87
<b>7</b>	<b>Wichtige Grundlagen der IT zur Vernetzung von Maschinen</b> ....	<b>89</b>
7.1	Einführung ....	89
7.1.1	Schicht 1 – Bitübertragungsschicht (Physical Layer) ....	90
7.1.2	Schicht 2 – Sicherungsschicht (Data Link Layer) ....	92
7.1.3	Schicht 3 – Vermittlungsschicht (Network Layer) ....	92
7.1.4	Schicht 4 – Transportschicht (Transport Layer) ....	94
7.1.5	Schicht 5 – Sitzungsschicht (Session Layer) ....	95
7.1.6	Schicht 6 – Darstellungsschicht (Presentation Layer) ....	95
7.1.7	Schicht 7 – Anwendungsschicht (Application Layer) ....	96
7.2	Programme, Maschinendaten und Parameter ....	97
7.3	Cloud-Computing und Edge-Computing. ....	98
7.3.1	Cloud-Computing: Daten in der Wolke ....	98
7.3.2	Edge-Computing als Alternative ....	99
7.4	Künstliche Intelligenz. ....	100
7.4.1	Einführung ....	100
7.4.2	Neuronale Netze ....	101
	<b>Literatur</b> ....	<b>105</b>
	<b>Sachregister</b> ....	<b>107</b>