

White Paper



MICE-Umgebungsklassen: Orientierung für die Industrieverkabelung

MICE-Umgebungsklassen: Orientierung für die Industrieverkabelung

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung.....	3
2. Umwelt- und Umgebungseinflüsse	4
3. Die MICE-Matrix	5
4. Installationsplanung mit der MICE-Matrix.....	6
5. Sekundäre Parameter der MICE-Umgebungsklassen	9
5.1. Mechanische Belastungen	9
5.2. Eindringen von Fremdkörpern.....	9
5.3. Klimatische und chemische Belastungen.....	11
5.4. Elektromagnetische Belastungen	13
6. Schlussfolgerungen.....	15
7. R&M – Kompetenz in Industrial Cabling	15
8. Quellen und weitere Informationen	15

© Copyright 2006 Reichle & De-Massari AG (R&M). Alle Rechte vorbehalten.

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind, zu welchem Zweck und in welcher Form auch immer, ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch Reichle & De Massari AG nicht gestattet. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Die Erstellung dieses Dokuments erfolgte mit grösstmöglicher Sorgfalt, es enthält den zum Zeitpunkt der Erstellung aktuellen technischen Stand. Technische Änderungen vorbehalten.

Drei Klassen, vier Parameter, mehr als hundert Einzelfaktoren: EINE Matrix für die Industrie

Industrial Ethernet ist auf dem Vormarsch. Planer und Anwender wissen die Kosten- und Effizienzvorteile der anwendungsneutralen Verkabelung und nahtlosen Infrastruktur zu schätzen. Der Nutzen einheitlicher Kommunikationsstandards vom Büro bis zur Maschine steht ausser Zweifel. Aber die Umwelt einer Industrietopologie ist keineswegs einheitlich. Die gewohnten Parameter einer Büro- oder strukturierten Gebäudeverkabelung reichen hier nicht mehr aus. Um viele Umgebungsbedingungen bei der Planung effizient berücksichtigen zu können, wurde im Zuge der aktuellen Normen-Diskussion die MICE-Matrix geschaffen. Sie definiert Klassen und Parameter für Umweltsituationen und integriert mehr als hundert Einzelfaktoren. Mit Hilfe dieser Matrix können viele Anforderungen an eine industrietaugliche Netztopologie schnell und einfach beschrieben werden. Dieses White Paper informiert über das MICE-Konzept und geht auf seine Anwendungsmöglichkeiten ein.

Anwendung:	Industrial Cabling
Technologie:	Industrial Ethernet, Feldbus
Format:	White Paper
Themen:	Umgebungsklassen für Planung einer Industrieverkabelung, Einführung und Anwendung des MICE-Konzepts mit der ISO/IEC 24702, EN 50173-3, IEC 61918, Umwelteinflüsse auf Channel, anwendungsneutrale Verkabelung in Industrial Premises
Ziel:	Orientierung bei Planung einer LAN-Verkabelung und bei Auswahl der Komponenten, Planungsaufwand reduzieren, Betriebssicherheit gewinnen
Zielgruppe:	Planer, Konstrukteure, Systemintegratoren, Installateure
Autoren:	Rolf Zollinger, Youngo Tamarcaz
Erschienen:	August 2006

1. Einführung

Die Planung eines lokalen Daten- und Kommunikationsnetzes ist heute in den meisten Fällen eine Routineangelegenheit. Die bekannten Normen für die strukturierte Gebäudeverkabelung (ISO/IEC 11801 bzw. EN 50173), die bewährten Leistungsklassen und die einheitliche Ethernet LAN-Technologie erleichtern Vieles.

In der Regel kann man dabei voraussetzen, dass im Büro bzw. Gebäude dauerhaft homogene, stabile und trockene Umgebungsbedingungen vorherrschen. Die Netztopologie ist also keinen besonderen Belastungen ausgesetzt. Zu den wenigen Störfaktoren zählen elektromagnetische Einflüsse. Aber auch die bekommt man bei guter Planung mit einer qualitativ hochwertigen, geschirmten Verkabelung in den Griff.

Völlig anderen Herausforderungen begegnet der Netzwerkplaner, wenn er eine Infrastruktur für Industrieanlagen konzipiert. Bei der Einführung von Industrial Ethernet betritt man teilweise noch Neuland und kann nicht von einheitlichen Umgebungsbedingungen ausgehen. Auf dem Produktionsgelände oder in einer Fabrikhalle sind häufig grössere Entfernungen zu überwinden. Eine Übertragungsstrecke kann durch unterschiedlichste Umgebungen führen. Dabei reicht das Spektrum vom klimatisierten Verteilerraum oder geschützten Schaltschrank bis zur rauen Maschinenumgebung.

Zuverlässigkeit ist das oberste Gebot, Anlagenverfügbarkeit das Nonplusultra für Automation-IT und Industrie-LAN. Die Daten müssen unter allen Betriebsbedingungen (auch Worst-Case-Situationen) störungsfrei fliessen. Mangelhafte Übertragungsqualität, unzulässige Bitfehlerraten (verursacht durch unsaubere Kontaktierung, verschmutzte Anschlusspunkte, korrodierte Verbindungen) – oder gar Unterbrechungen der physischen Topologie können fatale Auswirkungen haben. Sie können zu Störmeldungen und zum Stopp von Maschinen führen.

Die durchschnittlichen Kosten für eine Minute Stillstand bewegen sich im fünfstelligen Euro-Bereich. Kein Unternehmen kann sich Ausfallzeiten in der Fertigung erlauben – der wachsende Automatisierungs-, Zeit- und Kostendruck spricht eine eindeutige Sprache.

Aus diesen Gründen muss schon bei der Planung einer industrietauglichen Netztopologie die nötige Vorsorge getroffen werden, um Risiken und Gefahren auf ein Minimum zu verringern und gleichzeitig eine schnelle, reibungslose Inbetriebnahme des LAN zu gewährleisten. Die Umwelt- und Umgebungssituation muss hier viel stärker berücksichtigt werden als das sonst in der Kommunikationstechnik – z.B. in Büros – der Fall ist. Die Auswahl der geeigneten Verkabelungskomponenten hat in diesem Zusammenhang eine enorme Bedeutung.

Mit Hilfe der MICE-Matrix – die Teil der neuen Norm ISO/IEC 24702 bzw. EN 50173-3 und auf die auch in der IEC 61918 verwiesen wird – können umgebungsrelevante Anforderungen an Netztopologie und Layer-1-Komponenten (Ebene der passiven Verkabelung) schnell, einfach und vor allem auf einer standardisierten Grundlage beschrieben werden.

2. Umwelt- und Umgebungseinflüsse

Die Umwelt- und Umgebungssituation sieht in jeder Industriebranche anders aus (Bilder 1 und 2). Hier einige der Einflussfaktoren, die eine LAN-Infrastruktur schädigen oder die Datenübertragung beeinträchtigen können:

- mechanische Gefahren wie Stoss, Druck, Schlag, Zug, Verdrehung
- vibrierende Maschinen, Schleppketten
- Staub, Schlacken, Späne, Splitter
- Feuchtigkeit, Dämpfe, Niederschläge, UV-Belastung
- Öle, Gase, Emulsionen, Salze, Säuren, Laugen und sonstige Chemikalien
- Hitze, Kälte, extreme Temperaturschwankungen
- elektrische, magnetische, elektromagnetische Felder, Überspannungs- und Überstromimpulse.

Eine Netztopologie sollte so ausgelegt werden, dass sie diesen unterschiedlichen Umgebungssituationen und Einflüssen standhält. Die Verkabelungskomponenten müssen also besonders geschützt sein – zum Beispiel gegen das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit gemäss den IP-Schutzklassen (IEC 60529). Diese Schutzklassen decken aber bei weitem nicht alle Störfaktoren ab.

Dazu ein Beispiel: Wählt man ein Anschlussmodul, das die Anforderungen der Schutzklasse IP67 erfüllt, ist noch längst nicht sichergestellt, dass es aggressiven Gasen und Chemikalien oder starken Vibrationen standhält. Ein weiteres Beispiel: Wenn die Anschlüsse in einem robusten, gut verschlossenen Schaltschrank liegen, müssen die Komponenten unter Umständen nur Schutzklasse IP20 erfüllen – obwohl aussen Staub, Wasserdampf und andere Gefahren lauern. Das wäre – je nach Anwendungssituation – kostengünstiger.

Es zeigt sich, dass bei der Planung einer Industrie-LAN-Struktur eine Fülle verschiedener Umwelt- und Umgebungsfaktoren zu berücksichtigen ist. Die Kosten-Nutzen-Abwägung verlangt zudem, dass man nicht in jedem Abschnitt den maximal möglichen Schutz vorhält, sondern situationsgerecht installiert.



Bilder 1 und 2: Die Umwelt- und Umgebungssituation sieht in jeder Industriebranche anders aus. Das muss bei der Planung der Netzwerkinfrastruktur berücksichtigt werden. Fotos: R&M

3. Die MICE-Matrix

Damit Unternehmen trotz dieser differenzierten Anforderungen dennoch standardisiert und ökonomisch planen und verkabeln können, haben die ISO/IEC-Normierungsgremien das MICE-Konzept (Bild 3) erarbeitet. Kernstück dieses Konzepts ist die so genannte MICE-Matrix, die Planern eine leicht überschaubare Methode zur Beschreibung von Umwelt- und Umgebungsbedingungen für Verkabelungen an die Hand gibt.

Die Matrix wird nach dem letzten Stand der Beratungen Bestandteil der kommenden Norm für strukturierte Verkabelung in Industrieanlagen (ISO/IEC 24702 Information Technology - Generic cabling - Industrial premises). Ebenso wird sie Eingang finden in die aktualisierte europäische Normenreihe EN 50173, die den Industriebereich in der EN 50173-3 behandeln wird.

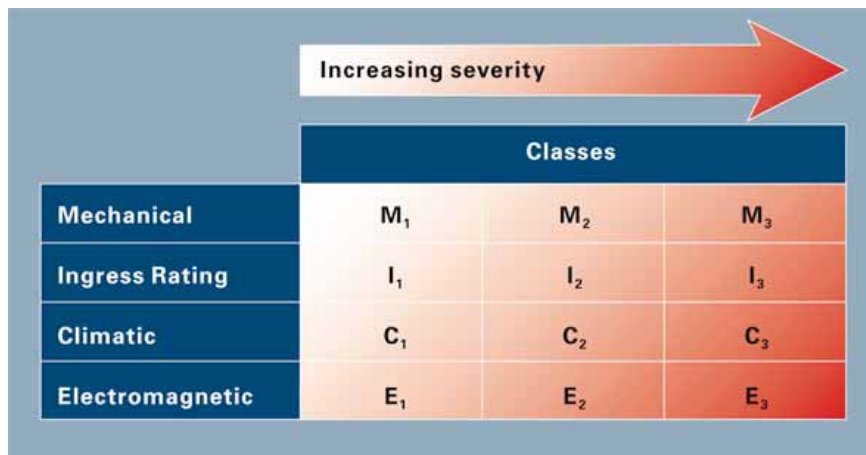
Das Konzept der Matrix sieht vor, Umwelt- und Umgebungssituationen in drei Belastungsklassen einzuteilen und anhand von vier Parametern zu betrachten. Klasse 1 entspricht der Belastung in Büroumgebungen und Verteilerräumen, Klasse 2 ist für die Leichtindustrie typisch, Klasse 3 entspricht der Schwerindustrie, dem Maschinenumfeld und Outdoor-Bedingungen. Der einprägsame Name MICE ergibt sich aus den einzelnen Parametern:

- **M** = Mechanical rating (mechanische Belastung, Schock, Vibration, Druck, Schlag)
- **I** = Ingress rating (Eindringen von Fremdkörpern, Staub, Feuchtigkeit, Eintauchen)
- **C** = Climatic rating (klimatische Belastung, Strahlung, Flüssigkeit, Gase, Verschmutzung)
- **E** = Electromagnetic rating (elektrostatische, elektromagnetische u.ä. Belastungen)

Den primären Parametern sind wiederum Kriterien und Normen aus mehreren relevanten Fachgebieten zugeordnet sowie jeweils ein Spektrum physikalischer und chemischer Grössen. Insgesamt berücksichtigt MICE mehr als hundert Einzelfaktoren bzw. sekundäre Parameter.

Norm für Industrie-LAN

Die künftige ISO/IEC 24702 beschreibt die strukturierte Verkabelung vom Gebäudeeingang bis zum Maschinenbereich bzw. zwischen Fertigungsinseln (Automation Island). Sie baut auf der ISO/IEC 11801 für die klassische strukturierte Gebäudeverkabelung auf und übernimmt bekannte Performance-Klassen für Kupfer- bzw. Fiber Optic-Verkabelung. Verschiedenste Topologien und eine breite Anwendungspalette werden unterstützt, damit Automatisierung, Prozesse und Steuerungen mit der Informationstechnik zusammengeführt werden können. Redundanz- und Echtzeitanforderungen stellen heute kaum noch ein Hindernis dar. Auch Anforderungen der Feldbus-Seite (IEC 61918) sind berücksichtigt, sodass Industrial Ethernet auf breiter Front eingeführt werden kann.



	Classes		
Mechanical	M ₁	M ₂	M ₃
Ingress Rating	I ₁	I ₂	I ₃
Climatic	C ₁	C ₂	C ₃
Electromagnetic	E ₁	E ₂	E ₃

Bild 3: Die MICE-Matrix definiert Umgebungsklassen in drei Stufen und mit vier Parametern.

Damit geht das MICE-Konzept von einer sehr weit gefassten Betrachtung aus. Bisher unterschied man in der Diskussion über Industrial Ethernet lediglich die beiden Klassen Light Duty und Heavy Duty Environments. Auch hier wurden vier Parameter angenommen: Schutzklassen nach IEC bzw. EN 60529, Betriebstemperatur, Schock und Vibration (IEC bzw. EN 60068-2-x).

Aber auch das MICE-Konzept ist nicht allumfassend. Es berücksichtigt nur typische Gebäude- und Industrieumgebungen. Spezielle Sicherheitsfragen (z.B. Schutz vor Manipulation und Angriff, Sicherheit für Menschen und Tiere), Brandgefahr und Explosionsrisiken werden durch die MICE-Klassen nicht abgedeckt. Auch elektrische, nukleare und chemische Risiken und Gefahren können nicht in der ganzen Breite behandelt werden, die in der industriellen Fertigung vorkommt. MICE ist also kein Universalwerkzeug für die Planung nach ISO/IEC 24702 bzw. IEC 61918. In jedem Fall müssen auch nationale Gesetze und Normen und branchenspezifische Sicherheitsvorschriften berücksichtigt werden, insbesondere bei Umgebungen, in denen Starkstrom im Einsatz ist.

4. Installationsplanung mit der MICE-Matrix

Mit Hilfe der MICE-Matrix lassen sich dennoch die allgemeinen Umwelt- und Umgebungssituationen und die entsprechenden Verkabelungskomponenten relativ leicht bestimmen. So ist die mechanische Beanspruchung einer Verkabelung in **M₃** deutlich höher als in **M₂** und die Verkabelung sollte noch unter den schlechtesten Bedingungen – d.h. Maximalwerte der zutreffenden sekundären Parameter – störungsfrei funktionieren (Tabelle 1).

Die MICE-Klassen können beliebig kombiniert werden (Bild 4). So lässt sich z.B. mit **M₁I₂C₃E₁** eine Umgebung beschreiben, die keine oder nur geringe mechanische und elektromagnetische Belastungen aufweist, aber kritische Temperatur- und Feuchtigkeitswerte. Das Beispiel könnte auf ein Kühlturm zutreffen oder auf das Vorfeld einer Fertigungsinsel.

Dieses einfache Verfahren reduziert in vielen Fällen die Untersuchung zahlreicher Einzelfaktoren. Planer und Systemintegratoren können die Vorgaben für ein Projekt sehr kurz beschreiben und verschiedene Installationsumgebungen anschaulich miteinander vergleichen. Sie können einzelne Übertragungsstrecken oder Gebäude, Hallen, Produktionsanlagen und ganze Standorte in Zonen unterschiedlicher MICE-Klassen einteilen – je nach Art und Intensität der Belastung. Die Installation lässt sich gezielter planen. Das spart

Geld, denn man kann von Anfang an genau eingrenzen, wo Netzwerkanschlüsse mit höchster Schutzkategorie und Schirmung installiert werden müssen und wo preiswertere Lösungen ausreichen.

In einem gering belasteten, trockenen und dauernd klimatisierten Abschnitt können bewährte, kostengünstige Komponenten installiert werden, während man für einen vibrationsbelasteten oder von Öl beeinträchtigten Abschnitt sehr stabile, dichte Steckverbindungen benötigt. Wenn eine Anlage täglich mit heissem Wasser gereinigt wird, entspricht die Situation sehr wahrscheinlich der Kategorie Ingress und der Belastungsklasse 3. Dementsprechend wählt man für diese Zone Verkabelungskomponenten, die für MICE-Umgebungs-kategorie I_3 spezifiziert sind und höchsten Feuchtigkeitsschutz bieten – in diesem Fall z.B. die Stecker RJ45 IP67 bzw. SC-RJ IP67 von R&M.

$M_1I_1C_1E_1$ describes a worst case environment according to ISO/IEC 11801
 $M_2I_2C_2E_2$ describes a worst case light industrial environment
 $M_3I_3C_3E_3$ describes a worst case industrial environment

Tabelle 1: Das MICE-Konzept geht davon aus, dass die Verkabelung auch unter den jeweils schlechtesten Bedingungen einer Umgebungs-kategorie noch geschützt ist und einen zuverlässigen Netzbetrieb garantiert.

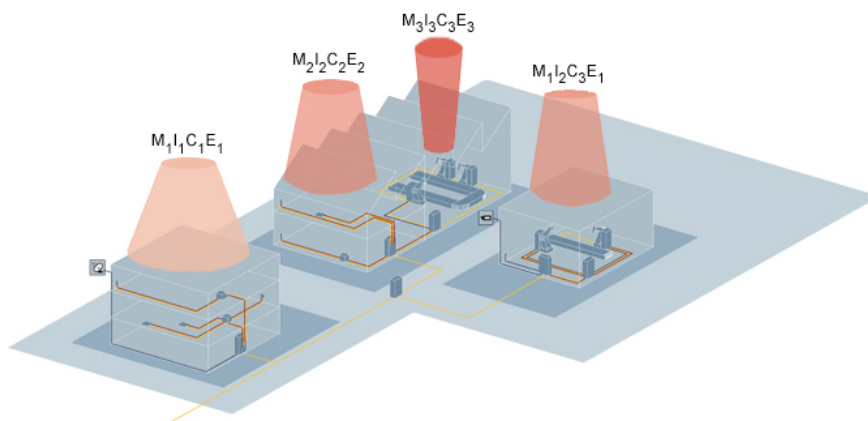


Bild 4: Je nach Situation vor Ort bestimmt man die MICE-Umgebungs-klassen. Sie lassen sich für die unterschiedlichen Zonen, Einsatzbereiche, Anwendungen und Übertragungsstrecken beliebig kombinieren. Gelbe Linien = Fiber Optic-Verkabelung, rote Linien = Kupferverkabelung. Grafik: R&M

MICE lässt sich flexibel handhaben, sodass erfahrene Planer und Installateure immer eine situationsgerechte oder kundenfreundliche Alternative finden. Beispiel: In bestimmten Situationen verhindern technische oder ökonomische Restriktionen die Verwendung von Komponenten, die gemäss MICE-Klasse für die vorliegenden Umgebungsbedingungen geeignet wären. Für einen solchen Fall können Schutzmassnahmen im unmittelbaren lokalen Umfeld oder an der Verkabelung selbst ergriffen werden, die eine Installation zweckmässiger bzw. preiswerter Komponenten zulassen. Solche Schutzmassnahmen sind:

- technische Verbesserungen einzelner Komponenten
- selektiver Einsatz höherwertiger Produkte
- Schirmung an Komponenten selbst oder durch Gehäuse
- räumliche bzw. physische Trennung oder
- Kombinationen dieser Möglichkeiten.

Kaum ein Produkt wird exklusiv für eine Umgebungsklasse hergestellt. In der Regel werden die am Markt erhältlichen Verkabelungskomponenten verschiedene Klassen und Klassenkombinationen unterstützen. Beispiel: Ein Hersteller hat ein Modul für die Klasse **M₁I₃C₂E₁** spezifiziert. Die Umgebung, in der das Modul eingesetzt werden soll, wird hingegen mit **M₃I₁C₁E₁** beschrieben. In diesem Fall würde man einen zusätzlichen mechanischen Schutz installieren, um die Verkabelung für die raue **M₃**-Umgebung zu modifizieren – z.B. durch Schwingungsdämpfer oder ein Gehäuse, das die unmittelbare Umgebung der Verkabelungskomponente in eine **M₁**-Umgebung wandelt.

Der Planungsprozess sollte wie gewohnt damit beginnen, einige übergeordnete Leistungsmerkmale und Parameter präzise zu beschreiben:

- Art, Funktion und Umfang der Anwendung
- Performance, Übertragungsleistung, Topologie
- Standards, Sicherheits- und Qualitätsanforderungen.

Dabei kann man nach bekannten Normen vorgehen. Im Falle einer Industrieverkabelung sollten Planer künftig nach der ISO/IEC 24702 arbeiten, aber im Bereich der Systemgrenzen zwischen Ethernet und Feldbus auch die IEC 61918 hinzuziehen. Auch die IEC 61918 verweist auf das MICE-Schema. Nicht zu vergessen sind die elektrischen Schutz- und Sicherheitsanforderungen, die sich zumeist auf nationale Standards stützen oder auf die IEC 60364-x.

Im nächsten Schritt werden die Umgebungs- und Umweltbedingungen gemäss MICE-Matrix klassifiziert, um auf dieser Basis die geeigneten Verkabelungskomponenten auszuwählen.

5. Sekundäre Parameter der MICE-Umgebungsklassen

Die MICE-Umgebungsklassen referenzieren – wie oben beschrieben – auf zahlreiche sekundäre Parameter, die bei Planung, Installation und Betrieb eines Industrie-LAN eine Rolle spielen. Insgesamt wurden mehr als hundert Kriterien berücksichtigt. Das MICE-Konzept kann – wie oben beschrieben – den Planungsprozess unterstützen und erlaubt es, die Einzelbetrachtung dieser Kriterien zu verkürzen oder zu vereinfachen. Hier ein Überblick nach den vier Hauptparametern.

5.1. Mechanische Belastungen

Zuerst muss die Verkabelung bzw. die Übertragungsstrecke hinsichtlich der mechanischen Belastungen betrachtet werden. Je unruhiger und gefährlicher die Umgebung, desto höher ist die Klasse. Einzelfaktoren sind hier die Kriterien Schock und Schlag, Vibration, Dehnung und Zug, Quetschung, Stoss und Aufprall, Biegung und Verdrehung. Bekannte physikalische Grössen werden als Grenzwerte für die Belastungsstufen angesetzt. Schock, Schlag und Vibration beziehen sich auf die Norm IEC 60721-X (Tabelle 2).

Unter **M₁** sind Standorte mit geringfügiger Vibration einzuordnen. **M₂**-Umgebungen weisen hohe Vibrationen auf und liegen z.B. in der Nähe schwerer Maschinen. Standorte mit **M₃**-Bedingungen weisen extreme Vibrationen auf. Dies können z.B. Verkabelungsabschnitte auf Stanzmaschinen oder motorgetriebenen Hammeranlagen sein.

Während man bei **M₁** herkömmliche Komponenten aus der Gebäude- und Büoverkabelung verwenden kann, sind bei **M₂** und **M₃** sehr robuste Verkabelungslösungen gefragt. Ein wichtiger Aspekt ist hier die Art der Aderkontaktierung. Hochwertige Lösungen wie die IDC-Anschlussstechnik von R&M (IDC = *Engl.* Insulation Displacement Contact, *De.* Schneidklemme) gewährleisten eine hohe, **M₂** und **M₃**-konforme Vibrationsbeständigkeit.

Mechanical rating	M ₁	M ₂	M ₃
Shock, Bump			
Peak acceleration	40 ms ⁻²	100 ms ⁻² , 11 ms	250 ms ⁻² , 6 ms
Vibration			
Displacement amplitude (2-9 Hz)	1.5 mm	7.0 mm	15.0 mm
Acceleration amplitude (2-9 Hz)	5 ms ⁻²	20 ms ⁻²	50 ms ⁻²
Tensile force (to define)			
Crush	45 N over 25 mm (linear) min.	1100 N over 150 mm (linear) min.	2200 N over 150 mm (linear) min.
Impact	1 J	10 J	30 J
Bending, Flexing, Torsion (to define)			

Tabelle 2: Die mechanischen Belastungsfaktoren.

5.2. Eindringen von Fremdkörpern

Der zweite Parameter, Ingress rating, betrachtet die Gefahr des Eindringens von Fremdkörpern, womit vor allem Staubpartikel sowie Feuchtigkeitseinfluss in Form von Tropfen, Sprühen, Spritzern, Strahl und Untertauchen gemeint sind (Tabelle 3). Die Sicherheit von Steckverbindungen ist erheblich gefährdet, wenn Fremdpartikel oder Tropfen eindringen. Staub kann die Kontaktierung beim Einstecken beeinträchtigen oder die Kontaktoberflächen verschleissen. Nässe und leitende Staubpartikel können zu Kurzschluss führen.

Dieser Aspekt ist auch unter dem Oberbegriff IP-Schutz bekannt. Die entsprechende Norm IEC 60529 liegt den MICE-Umgebungsklassen $I_{1,3}$ zugrunde. Je feiner der Staub, der in Anschlussstellen eindringen kann, und je kräftiger der Wasserfluss, desto höher die Umgebungsstufe.

Die höchste Stufe I_3 meint Umgebungen, die Schutzklasse IP65 und IP67 erfordern. Die Ziffer 6 steht hier für die Anforderung „staubdicht“ bei einem Unterdruck von 20 mbar im Gehäuse. Die zweite Ziffer steht für den Grad des Feuchtigkeitseinflusses. Die Ziffer 5 bei IP65 entspricht einer Umgebung, in der Strahlwasser auftritt, wobei der Strahl definiert ist mit:

- Menge $\leq 12,5$ l/min
- Stärke $\geq 6,5$ mm
- Dauer ≤ 5 min
- Abstand $> 2,5$ m.

Die Ziffer 7 bei IP67 steht für eine Umgebung, in der zeitweiliges Untertauchen vorkommt. Als Grenzwerte für Untertauchen werden angenommen:

- Wassertiefe ≤ 1 m
- Dauer ≤ 30 min

Ingress rating	I_1	I_2	I_3
Particulate ingress			
Diameter max.	12.5 mm	50 μ m	50 μ m
Immersion			
According to IEC 60529	None	IPx5	IPx5 <u>and</u> IPx7

Tabelle 3: Die sekundären Parameter bezüglich der Gefahr des Eindringens von Fremdkörpern.

In der Regel wird man Anschlussstellen in Gehäusen oder Schränken unterbringen, um sie vor dem Eindringen von Fremdkörpern zu schützen. Freiliegende Anschlussstellen können auch durch besonders konstruierte Steckergehäuse und Kunststofffüllen geschützt werden. Beispielhaft für diese Lösung sind die IP67-konformen RJ45- und SC-RJ-Stecker von R&M.

Es kommt hier besonders auf Präzisionsfertigung und formschlüssige Teile an. Wenn Tüllen, Stecker und Buchsen exakt aufeinander passen und dicht schliessen, kann weniger Staub und Feuchtigkeit eindringen. Bei geringer bis mittlerer Belastung können Splash Line-Schutzvorrichtungen von R&M sogar nachträglich installiert werden. Das steigert die Flexibilität auf Seiten des Anwenders.

5.3. Klimatische und chemische Belastungen

Der Parameter **C₁₋₃** bildet eine komplexe Fülle von Einflussfaktoren ab (Tabelle 4). Sie lassen sich in drei Hauptgruppen einteilen:

- Allgemeine klimatische Bedingungen
- Belastungen durch flüssige Stoffe
- Belastungen durch gasförmige Stoffe

Industrielle Produktionsanlagen weisen im Vergleich zur Bürowelt ein raues Klima auf. Die Umgebungstemperatur kann je nach Branche und Anwendung zwischen Frost und Hitze schwanken bzw. dauerhaft niedrig oder extrem hoch sein. Aggressive Gase und Flüssigkeiten schlagen sich auf Aussenflächen der Netzwerkkomponenten nieder und lösen Reaktionen aus. Witterungseinflüsse und Strahlung können das Material angreifen oder schneller altern lassen als bei herkömmlicher Büro- bzw. Gebäudeverkabelung.

Die höchste Klasse **C₃** trifft auf Umgebungen zu, die durch eine besonders intensive Kontamination und eine grosse Bandbreite des Verschmutzungsgrades gekennzeichnet sind. Hier müssen resistente Verkabelungskomponenten eingesetzt oder massive Schutzvorkehrungen getroffen werden. Die niedrigste Klasse **C₁** meint wiederum unkritische Umgebungen wie sie in Büros, Verwaltungsgebäuden oder Verteilerräumen vorkommen.

Zu den Einzelfaktoren der allgemeinen klimatischen Bedingungen zählen: Umgebungstemperatur, Temperaturschwankung, Luftfeuchtigkeit und Sonneneinstrahlung. Die „Wetter-Bedingungen“ sind verschiedenen Klassen der Norm IEC 60721-X entnommen, beziehen sich teilweise aber auch auf weitere Normen. So besteht z.B. die Definition für **C₁** aus:

- Grenzwerten für Umgebungstemperaturen nach ISO/IEC 11801
- Werten für Temperaturschwankungen gemäss Klasse 3K1
- Werten für Luftfeuchtigkeit gemäss Klasse 3K3
- Werten für Sonneneinstrahlung gemäss den Klassen 3K3 und 3K6

Ausserdem wird berücksichtigt, ob Temperatur und Feuchtigkeit in der Verkabelungstrecke durch entsprechende Sensoren überwacht werden.

Der Bereich der flüssigen Belastungsfaktoren konzentriert sich auf fünf Flüssigkeiten und deren unterschiedliche Kontaminationsgrade: Salzwasser, Öl, Seifen, Reinigungsmittel und leitfähige Stoffe in Lösungen. In der Umgebungsklasse **C₁** dürfen keine Belastungen durch Flüssigkeiten auftreten.

Zehn Stoffe wurden als gasförmige Belastungsfaktoren ausgewählt, da sie ein hohes Gefährdungspotenzial für die Verkabelung aufweisen und in der Industrie relativ häufig vorkommen: Schwefelwasserstoffe, Schwefeldioxide und -trioxide, feuchtes und trockenes Chlor, Chlor- und Fluorwasserstoff, Ammoniak, Stickoxide und Ozon.

Bei der Betrachtung der gasförmigen Belastungen behandelt MICE jeweils einen Spitzen- und einen mittleren Wert. Der Grund für diese Doppelstrategie: Höhere Konzentrationen belastender Stoffe über eine kurze Einwirkperiode verursachen oftmals einen größeren Schaden an der Verkabelung, der nicht mehr behoben werden kann. Mittlere Konzentrationen sind ausschlaggebend für das Langzeitverhalten der Komponenten.

Selbst mit diesen vielfältigen Einzelparametern kann das MICE-Modell nicht alle in der Industrie auftretenden Situationen abdecken. Im Einzelfall sind neben der Temperatur-, UV-, Ozon-, Öl- und Chemikalien-Beständigkeit des Materials weitere Anforderungen einzubeziehen. Selbstverständlich sollten heute auch Brandverhalten, Halogen- und Bleifreiheit wichtige Kriterien bei der Produktwahl sein.

Climatic and chemical rating 1	C ₁		C ₂		C ₃	
Ambient temperature	-10°C to +60°C		-25°C to +70°C		-40°C to +70°C	
Rate of change of temperature	0.1°C per min		1.0°C per min		3.0°C per min	
Humidity	5% to 85% (non-condensing)		5% to 95% (condensing)		5% to 95% (condensing)	
Solar radiation	700 Wm ⁻²		1120 Wm ⁻²		1120 Wm ⁻²	
Climatic and chemical rating 2	C ₁		C ₂		C ₃	
Liquid pollution						
Contaminants	Concentration x 10 ⁻⁶					
Sodium chloride (salt/sea water)	0		< 0,3		< 0,3	
Oil (dry-air concentration)	0		< 0,005		< 0,5	
Sodium stearate (soap)	None		5x10 ⁴ aqueous non-gelling		> 5x10 ⁴ aqueous gelling	
Detergent	None		ffs*		ffs	
Conductive materials	None		Temporary		Present	
Climatic and chemical rating 3	C ₁		C ₂		C ₃	
Gaseous pollution						
Contaminants	Concentration x 10 ⁻⁶					
	Mean	Peak	Mean	Peak	Mean	Peak
Hydrogen sulphide	< 0,003	< 0,01	< 0,05	< 0,5	< 10	< 50
Sulphur dioxide	< 0,01	< 0,03	< 0,1	< 0,3	< 5	< 15
Sulphur trioxide ffs	< 0,01	< 0,03	< 0,1	< 0,3	< 5	< 15
Chlorine wet (> 50% humidity)	< 0,0005	< 0,001	< 0,005	< 0,03	< 0,05	< 0,3
Chlorine dry (≤ 50% humidity)	< 0,002	< 0,01	< 0,02	< 0,1	< 0,2	< 1
Hydrogen chloride		< 0,06	< 0,06	< 0,3	< 0,6	< 3,0
Hydrogen fluoride	< 0,001	< 0,005	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 1,0
Ammonia	< 1	< 5	< 10	< 50	< 50	< 250
Oxides of Nitrogen	< 0,05	< 0,1	< 0,5	< 1	< 5	< 10
Ozone	< 0,002	< 0,005	< 0,025	< 0,05	< 0,1	< 1

Tabelle 4: Die klimatischen Einflussfaktoren. (*ffs = for further studies)

5.4. Elektromagnetische Belastungen

In Produktionsumgebungen wirken sich unterschiedlichste elektrische, magnetische, elektrostatische und elektromagnetische Einflüsse auf die Verkabelung und den Netzwerkbetrieb aus. Sie werden mit dem Parameter E_{1-3} betrachtet. Bei Kupferverkabelung muss man diesem Parameter naturgemäss eine grössere Aufmerksamkeit widmen. Schon immer spielte die Frage nach der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) einer Installation eine zentrale Rolle. Sie zählt stets zu den grössten Herausforderungen für eine Industrieverkabelung.

Mit zehn Einzelfaktoren haben die Normierungsgremien versucht, das breite Feld der elektromagnetischen Einflüsse, Frequenzen, elektrostatischen Entladungen und Impulse abzudecken (Tabelle 5). Allgemein gilt: Je höher die Ströme, Spannungen und Frequenzen in der Umgebung und je näher die Verkabelung an den Störquellen verläuft, desto stärker kann die Datenübertragung beeinträchtigt werden und desto höher ist die E-Klasse.

E_1 entspricht einer nahezu unbelasteten Büro- oder Gebäudeumwelt. Mit E_3 bezeichnet man Umgebungen, in denen Starkstromleitungen, Hochvoltanlagen, leistungsstarke Elektromotoren, Geber, Relais und Steuerungen vorkommen sowie stärkere elektrostatische Entladungen, Interferenzen oder Magnetfelder. Ebenso zählen bestimmte Lichtquellen und Sendeanlagen zu dieser Klasse.

Eine Kupferverkabelung in dieser Umgebung benötigt neben dem Potenzialausgleich eine perfekte Erdung und Rundumschirmung aller Komponenten. Deshalb ist bei den industrietauglichen Kat. 6-Produkten von R&M eine Rundumschirmung von Anfang an integriert – inklusive automatischer Kontaktierung des Schirms beim Konfektionieren der Anschlussmodule.

Electromagnetic rating	E_1	E_2	E_3
Electrostatic discharge – Contact (0.667 μC)	4 kV	4 kV	4 kV
Electrostatic discharge – Air (1.32 μC)	8 kV	8 kV	8 kV
Radiated RF – AM	3V/m @ 80 – 2000 MHz 1V/m @ 2000 – 2700 MHz	3V/m @ 80 – 2000 MHz 1V/m @ 2000 – 2700 MHz	10v/m @ 80 – 1000 MHz 3V/m @ 1400 – 2000 MHz 1V/m @ 2000 – 2700 MHz
Conducted RF	3V @ 150 kHz – 80 MHz	3V @ 150 kHz – 80 MHz	10V @ 150 kHz – 80 MHz
EFT / B	-	-	-
AC	500 V	1000 V	2000 V
Surge (transient ground potential difference)	-	-	-
Signal (line to earth)	500 V	1000 V	2000 V
Magnetic Field (50 – 60 Hz)	1 Am^{-1}	3 Am^{-1}	30 Am^{-1}
Magnetic Field (60 – 20.000 Hz)	ffs*	ffs	ffs

Tabelle 5: Die elektromagnetischen Einflussfaktoren. (*ffs = for further studies)

Wie oben erwähnt, spielt bei den elektromagnetischen Einflüssen nicht nur der absolute Wert, sondern auch der Abstand zwischen Störquelle und Netzstruktur eine entscheidende Rolle. So sinken etwa Feldstärke, Einkopplungen und hochfrequente Störsignale mit zunehmendem Abstand. In unmittelbarer Nähe von Maschinen und Anlagen ist häufiger eine Umgebungsklasse **E₃** anzunehmen, während man nach kurzer Distanz zur Klasse **E₂** wechseln kann.

Auch dieser Faktor soll in der Norm für die Industrie-LAN-Struktur berücksichtigt werden. Allerdings wird man keine einheitliche Systematik zugrunde legen können, da zu viele individuelle Situationen und Konfigurationen denkbar sind, die zudem unterschiedlichste Interferenzen verursachen können. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass einige Systeme und Prozesse auch Hochfrequenzen und Oberschwingungen (harmonics) auslösen können. Diese Effekte können ein Netzwerk lahm legen oder ganz erhebliche Betriebsstörungen verursachen.

Die folgende Übersicht (Tabelle 6) gibt anhand beispielhaft ausgewählter Systeme und Prozesse eine grobe Richtschnur für die Wahl der Umgebungsklassen in Relation zur Distanz der Verkabelung von elektromagnetischen Störquellen.

Noise generating device	Possible electromagnetic classification		
	Distance		
	< 0.5 m	0.5 m to 3 m	> 3 m
Contactors Relay	E ₂	E ₁	E ₁
Transmitters (< 1 W)	E ₂ – E ₃	E ₁ – E ₂	E ₁
Transmitters (1 W – 3 W)	E ₃	E ₂ – E ₃	E ₁
Transmitters (TV, Radio, Mobile base station)	E ₃	E ₃	E ₃ < 1 km
High HP motors	E ₃	E ₃	E ₁
Motor controllers	E ₃	E ₂	E ₁
Induction heating (< 8 MW)	E ₃	E ₂	E ₁
Resistance heating	E ₂	E ₁	E ₁
Fluorescent Lights (< 1 m)	E ₂	E ₁	E ₁
Thermostatic Switches (110 V – 230 V)	E ₂ – E ₃	E ₁	E ₁

Tabelle 6: Beispiele für die Zuordnung der Umgebungsklassen zu Störquellen in Relation zur Entfernung.

Wo die Gefahr einer Beeinträchtigung der Netztopologie zu hoch ist, wird der Netzwerkplaner sicherheitshalber einen grösseren Abstand zu den potenziellen Störquellen vorsehen. Erdung, Schirmung, zusätzliche Isolierung und Ableitung von Strömen, Ladungen und Spannungen gehören zum Instrumentarium der Installation in elektromagnetisch belasteten Umgebungen.

6. Schlussfolgerungen

MICE wird ein hilfreiches Werkzeug sein, um die Planung einer Industrie-LAN-Infrastruktur übersichtlicher zu gestalten und – zumindest teilweise – zu vereinfachen oder abzukürzen. Es kann die Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten (Auftraggeber, Planer, Installateur) vereinheitlichen, auf eindeutige Grundlagen stellen und effizienter gestalten. Die Anwendung von MICE stellt sicher, dass zahlreiche sekundäre Parameter von Anfang an berücksichtigt werden.

Hat man mit Hilfe der MICE-Matrix ein Raster der Umgebungsklassen über die Netzwerkplanung gelegt und sind die weiteren Anforderungen definiert, sollte die Bestimmung der Verkabelungslösungen und -komponenten für die Mehrzahl industrieller Projekte effizient und unkompliziert erfolgen können.

Es ist jedoch zu erwarten, dass man auf Seiten der Hersteller nicht jedes einzelne Produkt detailliert nach diesen neuen Umgebungsklassen spezifizieren und katalogisieren wird. Das MICE-Konzept dürfte eher als neutraler Orientierungsrahmen verstanden werden.

7. R&M – Kompetenz in Industrial Cabling

Als unabhängiges Schweizer Familienunternehmen verfügt R&M über 40 Jahre Erfahrung im Informations- und Kommunikationstechnologiemarkt. Das Unternehmen konzentriert sich in der Entwicklung und Herstellung auf passive Verkabelungslösungen für Kommunikationsnetze. R&M gilt als branchenweit anerkannter Technologieführer unter anderem im Bereich der Schirmung und in der Schneidklemmtechnik und hat sein Know-how in zahlreiche hoch entwickelte Verbindungslösungen für Industrieverkabelungen (Industrial Ethernet) eingebracht.

Dabei gewährleistet das unternehmenseigene Entwicklungs- und Prüflabor die Einhaltung aller für den Industrieinsatz gültigen Normen. Industrial Cabling-Produkte von R&M zeichnen sich durch kompromisslose Qualität aus und erfüllen oder übertreffen die Anforderungen der einschlägigen Standards für Datennetze und Starkstromverkabelungen.

R&M versteht sich als versierter Partner für Industrieverkabelungen nach ISO/IEC 24702 bzw. EN 50173-3 sowie IEC 61918. Daher wird R&M sich mit seinen Produkten ebenso konsequent an diesen Normen und damit an MICE als effizientes Planungstool orientieren.

8. Quellen und weitere Informationen

- Übersichtsbroschüre Industrial Cabling R&M
- Katalog Industrial Cabling R&M
- ISO/IEC 24702 Information Technology - Generic cabling - Industrial premises bzw. EN 50173-3
- ISO/IEC 11801 und EN 50173-1
- IEC bzw. EN 60068-2-x, IEC 60364-x, IEC bzw. EN 60529, IEC 60721-3-x, IEC bzw. EN 61000-4, IEC 61076-3-106, IEC 61918, IEC 62012

Weitere Informationen zu Produkten und Lösungen von R&M finden Sie auch im Internet unter:

www.rdm.com