

Leistungserhöhung in bestehenden Rechenzentren

1. Ausgangslage

Die Veränderungen der Wärmelasten in den Rechenzentren sind technologiebedingt. Die Virtualisierung führt zwar zu einer Reduzierung der eingesetzten Hardware-Komponenten, diese werden jedoch mit einer höheren Auslastung betrieben. Durch die Verringerung der Komponentenzahl werden die freierwerdenden Stellflächen durch Kapazitätserweiterungen genutzt. Während dem sich die spezifischen Wärmelasten über viele Jahre kaum verändert haben, ist mit der neuen IT-Technologie ein kontinuierliches Ansteigen der Wärmelasten in den Systemräumen verbunden.

Vor 20 Jahren erstellte Rechenzentren sind in der Regel auf eine spezifische Last von ca. 600 W/m² in den Systemräumen ausgelegt. Im Mittel kann heute mit ca. 5 kW pro Rack gerechnet werden. Bei einer Stellfläche von 3,5 m² pro Rack ergibt sich eine Last von ca. 1.5 kW/m². An einzelnen Schwerpunkten können jedoch Spitzenlasten in einzelnen Racks mit bis zu 15 kW entstehen.

Unter diesen Vorgaben stellt sich dann für den Ingenieur die Aufgabe, mit Ausbau der technischen Infrastruktur eine möglichst hohe Last in den vorhandenen Räumen zu erzielen. In der Praxis wird der Ausbau jedoch nicht primär durch die Stromversorgung begrenzt, sondern durch die Kältetechnik. Die erforderlichen Flächen für die Aufstellung zusätzlicher oder grösserer Maschinen und Rückkühler können oft nicht bereitgestellt werden. In einem intensiven Prozess zwischen Elektro- und HLK-Ingenieur muss eine optimale gemeinsame Leistungsbasis für den Ausbau gefunden werden.

2. Standards

Für die Performance der technischen Infrastruktur von Rechenzentren wurde durch das Uptime Institute (www.uptimeinstitute.com) ein Standard geschaffen. Der sogenannte TIER-Standard gliedert sich in die folgenden 4 Topologien:

- TIER 1: Einlinige Versorgung, keine Redundanz, Verfügbarkeit 99.67 %
- TIER 2: Einlinige Versorgung, Redundanz N+1, Verfügbarkeit 99.75 %
- TIER 3: Doppellinige Versorgung A/B, Redundanz N+1, Verfügbarkeit 99.98 %
- TIER 4: Doppellinige Versorgung A/B, Redundanz N+N, Verfügbarkeit 99.99 %

Auch wenn die Verfügbarkeit auf den ersten Blick nicht so stark unterscheidet, bedeutet TIER 1 einen DTPA (Downtime per anno) von 28.8 Stunden gegenüber 7.5 Minuten bei TIER 4.

Für grössere Rechenzentren kommen heute praktisch nur noch die TIER-Levels 3 und 4 zur Anwendung. Ein Vergleich für die Effizienz der Infrastruktur bietet sich mit dem PUE-Faktor an (Power Usage Effectiveness).

Autor:
Charles Wyss, Projektleiter Planung
Dipl. El. Ing. FH/SIA, NDS UF
Partner der KIWI Systemingenieure
und Berater AG
Im Schörl 5,
8600 Dübendorf
Email: wch@kiwi.ch
<http://www.kiwi.ch>



Der PUE ist definiert als Quotient der gesamthaft aufgebrachten Energie und der IT-Nutzlast. Angestrebt wird ein Wert von 1.5. Massgebend für den PUE ist vorwiegend der Stromverbrauch für die Kälteanlagen.

Für die Auslegung der Kälte- und Lüftungsanlagen gelten die ASHRE Environmental Guidelines für Datacom Equipment (American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. (www.ashare.org)). Mit der Anhebung der Temperaturen für das Kühlwasser und die Kühlluft, dem Einsatz von freier Kühle kann der Stromverbrauch wesentlich reduziert werden.

Im Zusammenhang mit der aktuellen Klimaschutzdebatte ist der Begriff „Green IT“ entstanden. Die anfallende CO₂-Menge der weltweiten IT hat inzwischen den CO₂-Ausstoß des internationalen Luftverkehrs übertroffen. „Green IT“ umfasst sowohl den Energieeinsatz bei der Produktion und der Nutzung von Hardware wie auch die verwendeten Materialien und Produktionsmittel. Darunter fällt auch die Schadstoffthematik.

3. Aufbau der Stromversorgung

Vorgabe für die Planung der Anlagen ist einerseits die Last in den Systemräumen und andererseits die gestellte Verfügbarkeit (TIER-Level) der Anlage. Sind diese definiert, können dann später die weiteren Grundlagen festgelegt werden.

Das Bild 3-1 zeigt den Aufbau einer Stromversorgung nach TIER 3, dargestellt für die IT-Versorgung ohne Einbezug der Kälte- und Allgemeinversorgung. Das Bild zeigt beispielhaft, wie eine Leistungserhöhung durch Ergänzung von zwei Ersatznetzanlagen und Auswechseln der statischen USV-Anlagen durch Ersatz solcher mit grösserer Leistung umgesetzt wurde. Die B-Schiene (blau) wird bei dieser Lösung über das Ersatznetz versorgt, im Gegensatz zur A-Schiene (rot), die an eine redundante USV-Anlage (n+1) angeschlossen ist. Alle Hauptkomponenten (Ersatznetzanlagen, Transformatoren, USV-Anlagen, Abgänge in den Schaltanlagen) sind (n+1) ausgelegt. Über statische Transferschalter im Systemraum unmittelbar bei den Verteilern erfolgt im Fehlerfall eine Umschaltung auf das noch verfügbare Netz. Fehlerfall eine Umschaltung auf das noch verfügbare Netz.

Bild 3-1: Aufrüstung einer bestehenden Stromversorgung nach TIER 3 (nur IT-Versorgung ohne Kälte dargestellt)

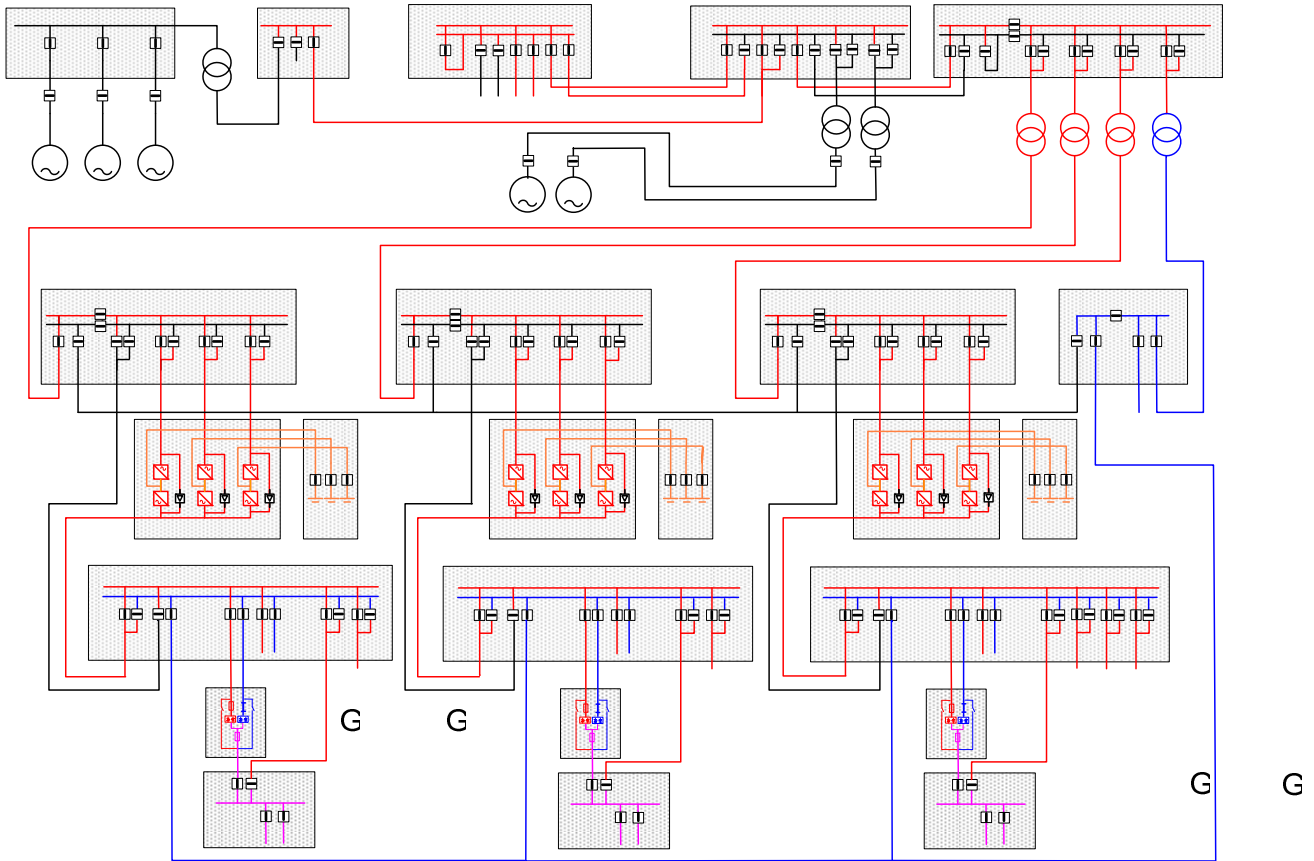
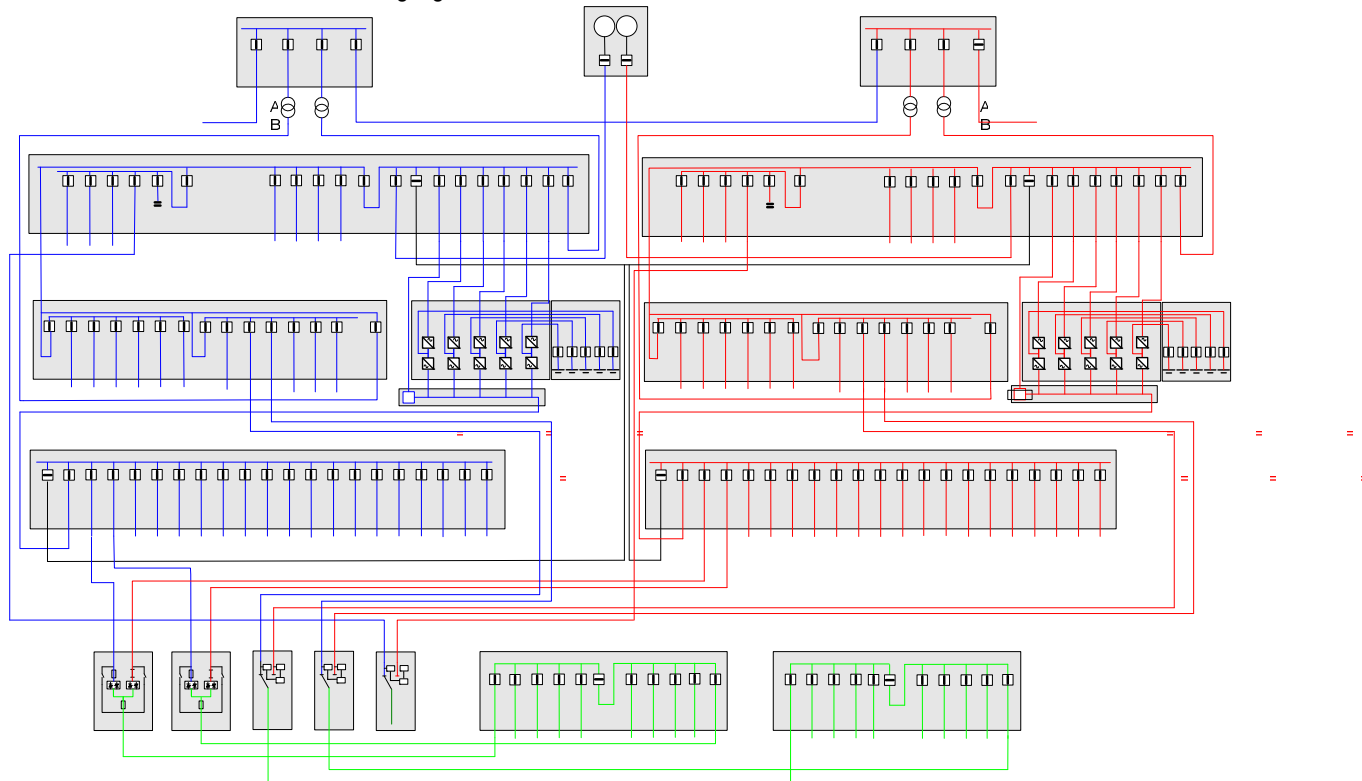


Bild 3-2: Aufbau einer neuen Stromversorgung nach TIER 4



Bei einem neuen Rechenzentrum ist es natürlich wesentlich einfacher, einen Aufbau nach TIER 3 oder 4 zu erreichen. Das Bild 3-2 zeigt einen Aufbau der Stromversorgung nach TIER 4 mit vollständig redundanten Versorgungsmodulen A/B (Redundanz N+N). Eine komplette räumliche und damit brandschutztechnische Trennung zwischen den Versorgungsmodulen A und B ist Voraussetzung für diese Lösung.

4. Technik

4.1 Hochspannungsanlagen

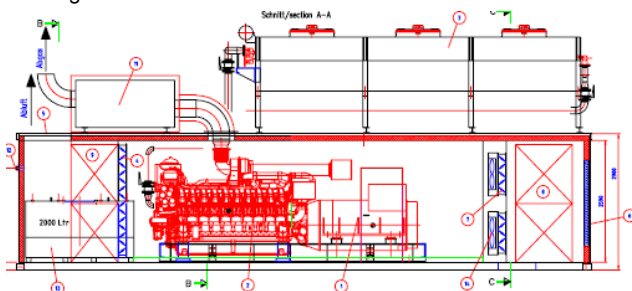
Voraussetzung für eine Leistungserhöhung ist, dass der Stromlieferant die i.d.R. redundante Versorgung in der gewünschten Leistung bereitstellen kann. Da ein Leistungsanstieg nicht spontan in einem Schritt eintritt, sondern die Leistung kontinuierlich ansteigt, können in der Regel Lösungen mit dem Stromversorger rechtzeitig realisiert werden. Wichtig ist der ständige Kontakt zwischen Stromversorger und Rechenzentrumsbetreiber.

Bestehende auch ältere Hochspannungsschaltanlagen können meist auch nach vielen Jahren noch erweitert werden. Die Transformatorenleistung kann durch Erweiterung weiterer Transformatoren oder aber bei Platzmangel durch Austausch der bestehenden Transformatoren durch solche mit höherer Leistung ersetzt werden. Bei Einbau in den Untergeschossen sind Gießharz-Transformatoren wegen der Brandgefahr einzubauen. Die Mehrkosten für Transformatoren mit reduzierten Leerlaufverlusten amortisieren sich bei dauernder Einschaltung innert weniger Jahre.

4.2 Ersatznetzanlage

Vielfach fehlt bei bestehenden RZ der Platz für eine Erweiterung der Ersatznetzversorgung. Als Alternative zu der Innenraumaufstellung bietet sich eine Container-Lösung für die rotierende Ersatznetzversorgung an. Dieser Container kann auf ein Dach oder Vordach gestellt werden. Dabei speziell zu berücksichtigen sind die Baustatik, die Schalldämpfung und die Körperschallübertragung. Mit speziellen Massnahmen können Schallpegelwerte in 1 m Abstand von 64 dB (A) mit Containeranlagen grosser Leistung erreicht werden. Voraussetzung dafür ist aber, dass eine Wasserkühlung eingebaut wird.

Bild 4.2-1: Aufbau der Containeranlage 3100 kVA mit Wasserkühlung



Auch rotierende USV-Anlagen, kombiniert aus Diesel-Generator-Anlagen und kinetischem Speicher, sind in Containerbauweise erhältlich. Im Gegensatz zu Neuanlagen ist es bei Erweiterungen schwierig, rotierende USV-Anlagen in Kombination mit der Dieselanlage einzubauen, meist aus Gründen der Statik, der bestehenden kühltchnischen Infrastruktur und der weiteren Nutzungsmöglichkeiten vorhandener Diesel-Ersatznetzanlagen.

Bild 4.2-2: Transport eines Containers 1800 kVA mittels Pneu- kran auf das Dach

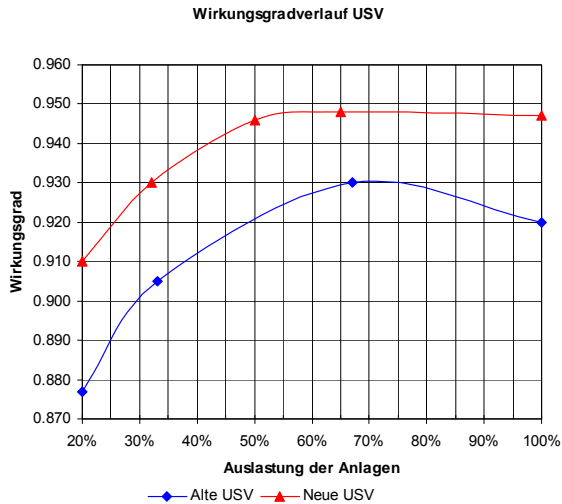


4.3 Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen (USV-Anlagen)

In bestehenden RZ sind meist statische USV-Anlagen mit Batterien eingebaut. Damit sind auch die Umluftkühlungen vorhanden. Dank der geringen Leistungsverluste in den neuen USV-Anlagen können oftmals die Kühlanlagen trotz der elektrischen Leistungserhöhung weiter genutzt werden.

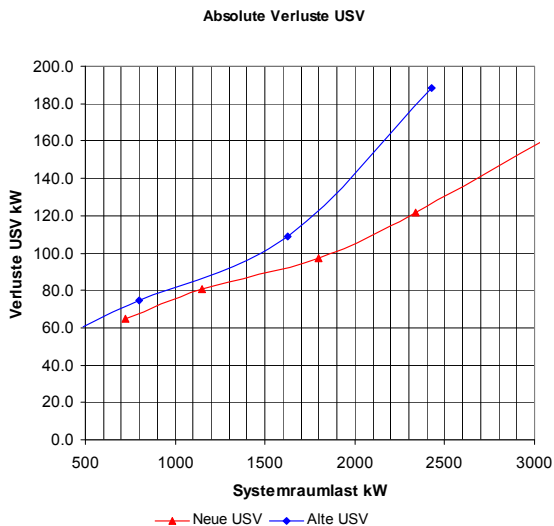
Als Alternative zu den statischen USV-Anlagen mit Batterien bieten sich statische USV-Anlagen mit kinetischen Speichern an. Diese Anlagen sind in kompakten Schränken eingebaut und völlig getrennt von den Dieselanlagen. Solche Anlagen können auch dort aufgebaut werden, wo bis anhin statische USV-Anlagen mit Batterien eingebaut waren.

Bild 4.3-1: Wirkungsgrad neue und alte USV-Anlagen



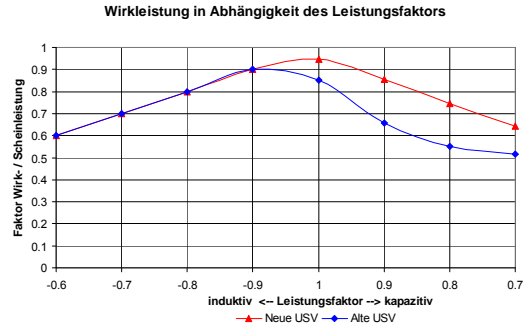
Die alten statischen USV-Anlagen haben in der Regel durch den Stand der Technik bedeutend schlechtere Wirkungsgrade wie neue statische USV-Anlagen. Grund für den guten Wirkungsgrad von neuen statischen USV-Anlagen liegt bei den IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor) Gleich- und Wechselrichtern sowie der transformatorlosen Topologie.

Bild 4.3-2: Wirkungsgradverlauf neue und alte USV-Anlagen in Funktion der Wirkleistung



In den Systemräumen ist heute mit kapazitiven Lasten zu rechnen. Bei älteren USV-Anlagen führt eine kapazitive Last zu einer spürbaren Leistungsreduktion gegenüber den angegebenen Nennleistungen der USV-Anlagen im Bereich der Auslegung von $\cos\phi$ 0.8 bis 0.9 induktiv. Im Gegensatz zu den alten Anlagen ist die Leistungseinbusse im kapazitiven Betriebsbereich wesentlich geringer bei den neuen Anlagen.

Bild 4.3-3: Wirkleistung in Abhängigkeit des Leistungsfaktors



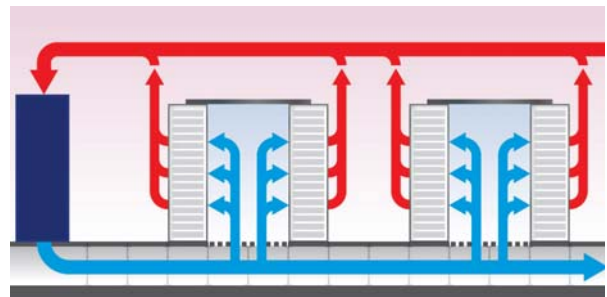
Mit dem Ersatz von alten statischen USV-Anlagen lassen sich spürbare Verbesserungen bei den Verlusten erzielen.

4.4 Kältetechnik

In der Schweiz sind die meisten Kälteanlagen für Rechenzentren bereits für einen Freecooling-Betrieb ausgelegt. Mit einer Anhebung der Kühlwassertemperaturen kann die jährliche Betriebsdauer des Freecoolings erhöht werden.

Mit der Trennung zwischen Kälte- und Wärmeströmen und damit der Verhinderung von Verwirbelungen zwischen diesen kann die Effizienz verbessert werden. Im Vordergrund stehen zurzeit die Kälte- oder Wärmeinhäusungen der Racks in den Systemräumen.

Bild 4.4-1: Kälte-Einhausung



Mit dem Anstieg der Leistung gelangt die Luftkühlung an ihre Grenzen. Eine Kühlung mit Kaltwasser steht bei zukünftigen Anwendungen zur Diskussion. Die Möglichkeit einer späteren direkten Wasserkühlung in die Racks sollte planungsmässig vorbereitet werden, damit diese bei Bedarf nachgerüstet werden kann. Gerade bei älteren RZ sind für die damals erforderlichen Wasserkühlungen der grossen Rechner immer noch Wasserleitungen in den Systemräumen installiert. Diese sind nicht rückzubauen, sondern können später wieder für die neuen Wasserkühlungen verwendet werden.

Wichtig ist, die Stromversorgung zu strukturieren wie bei den Starkstromanlagen. Die Kältemaschinen und Rückkühler sollten immer auch eine redundante elektrische Versorgung haben.

4.5 Brandschutz, Raumunterteilung

Bei neuen Rezzentren nach TIER 3 und 4 werden die Anlagen in verschiedenen Räumen strukturiert angeordnet, so dass bei einem Brand nur eines der Module betroffen ist. Ältere Rezzentren verfügen in der Regel noch über keine räumliche Trennung der Anlagen nach Modulen. Oft sind die versorgungstechnisch wichtigen Teilanlagen in einem gemeinsamen Raum untergebracht.

Alle Mittelspannungsschaltanlagen und Transformatoren sind in einem Raum untergebracht, die Niederspannungs-Schaltanlagen der Hauptverteilung sind in einem gemeinsamen Raum untergebracht, die USV-Anlagen und Batterien sind in gemeinsamen Räumen untergebracht und auch die Kältezentrale beinhaltet alle Kältemaschinen in einem Raum. Entsteht ein Brand in einem solchen Raum, so fallen die gesamten Anlagen und damit auch die Versorgung des Rezzentrums aus.

Bild 4.5-1: Trockentransformator



Ein Umbau eines bestehenden RZ während dem laufenden Betrieb mit völlig neuer Raumaufteilung ist in der Praxis kaum realisierbar. Dort wo eine Raumaufteilung sich realisieren lässt, ist das die beste Lösung. Wo eine nachträgliche Raumaufteilung nicht möglich ist, sind zusätzliche Massnahmen erforderlich.

Mit einer automatischen Löschanlage kann ein Komplettausfall aller Anlagen im gemeinsamen Raum verhindert werden. Eine weitere Verbesserung besteht darin, die Brandlasten zu reduzieren. Bei Einsatz von Geafol-Transformatoren besteht keine Brandgefahr mehr im Gegensatz zu den oft eingesetzten Öltransformatoren. Mit einem zusätzlichen Lichtbogen-Löschsystem kann im Fehlerfall eine sehr rasche Ausschaltung der Schalter bewirkt werden, und damit kann die Zerstörung der Anlage verhindert werden. Mit der Verlegung von Kabeln mit Isolationserhalt kann die Versorgung der Anlagen auch bei Brand noch über eine bestimmte Zeit sichergestellt werden.