

Schnellabschaltung nach NEC 2017: Eine sinnvolle Sicherheitsmassnahme oder ein unnötiges Ärgernis?

Urs Muntwyler, Daniel Gfeller, Christian Renken, Luciano Borgna, Martin Rutschi
Bernere Fachhochschule, Technik und Informatik (BFH-TI), Labor für Photovoltaik

Jlcoweg 1, CH-3400 Burgdorf, Schweiz

Tel.: +41 34 426 68 11, Fax: +41 34 426 68 63

E-Mail: urs.muntwyler@bfh.ch

Internet: www.pvtest.ch

Einleitung

Die Verordnung über Niederspannungsinstallationen in den USA, der National Electrical Code, schreibt ab Version 2017 (NEC2017) eine Funktion zur Schnellabschaltung von PV Anlagen auf Gebäuden vor. Konkret wird gefordert dass spätestens 30 Sekunden nach Aktivierung dieser Funktion innerhalb der Anlage keine gefährlichen Spannungen mehr anliegen dürfen. De facto heisst das, dass die Anlage auf Modulebene abgeschaltet bzw. die Stränge modulweise aufgetrennt werden müssen. Diese Massnahme soll dem Schutz der Lösch- und Rettungsmannschaften im Falle eines Brandes dienen. Obschon durch Photovoltaikanlagen verursachte Unfälle bei Lösch- und Rettungsarbeiten selten sind [1], muss ein Solargenerator aufgrund der oftmals hohen Betriebsspannung und der prinzipiell nicht vorhandenen Abschaltmöglichkeit als potentielle Gefahr angesehen werden. Der Schutz der Einsatzkräfte ist ein wichtiges Anliegen, dass auch von der Photovoltaikindustrie ernst genommen werden muss. So betrachtet ist die Abschaltung auf Modulebene eine gute Lösung, welche ein Optimum an Sicherheit bietet. Es besteht aber die Gefahr, dass durch die Lösung dieses einen Problems eine Reihe von neuen Problemen und Risiken geschaffen wird. In diesem Beitrag werden die Vor- und Nachteile sowie die Machbarkeit einer solchen Abschaltfunktion diskutiert.

NEC2017 Rapid Shutdown

Der National Electrical Code (NEC) ist die Richtlinie für Niederspannungsinstallationen in den Vereinigten Staaten von Amerika. Entgegen dem, was der Titel vielleicht vermuten lässt, handelt es sich beim NEC jedoch nicht um ein Bundesgesetz. Vielmehr gilt in den USA bezüglich Niederspannungsinstallationen die Hoheit der einzelnen Bundesstaaten. Einige Staaten übernehmen den NEC direkt, einige übernehmen ihn in abgeänderter Form und einige Staaten haben ihre eigenen, vom NEC losgelösten Bestimmungen. Grundsätzlich können die Inhalte des NEC aber als grobe Richtlinie für die gesetzlichen Anforderungen an Elektroinstallationen in den USA betrachtet werden. Der NEC erscheint alle drei Jahre in einer Neuauflage.

Im NEC2017 wird neu eine Schnellabschaltfunktion für PV-Anlagen auf Gebäuden gefordert (NEC2017 690.12 Rapid Shutdown). Diese sieht vor, dass an einer gut zugänglichen Stelle am Gebäude – vornehmlich im Eingangsbereich – ein Schalter installiert wird, mit dem die Anlage in einen sicheren Betriebszustand gebracht werden kann. Konkret wird gefordert, dass spätestens 30 Sekunden nach Betätigung des Schalters die Spannung im Bereich des Solargenerators zwischen zwei beliebigen Punkten der Anlage oder einem beliebigen Punkt der Anlage und dem Erdpotential 80V nicht mehr überschreiten darf. In allen anderen Bereichen, namentlich an den Leitungen zum Wechselrichter, wird sogar eine Maximalspannung von nur 30V gefordert. Für die Praxis bedeutet dies, dass der Solargenerator auf Modulebene abgeschaltet wird oder die Verbindungen zwischen den einzelnen Solarmodulen sowie die Leitungen zum Wechselrichter aufgetrennt werden müssen. Der Wechselrichter muss seinerseits sicherstellen, dass seine Eingangskapazitäten innerhalb der geforderten Frist genügend tief entladen sind. Das Ziel dieser Schnellabschaltfunktion ist der Schutz der Einsatzkräfte, beispielsweise in einem Brandfall.

Photovoltaikanlagen und Feuerwehr

Um das Jahr 2011 ist vermehrt die Kritik aufgekommen, dass Photovoltaikanlagen ein grosses Risiko für Feuerwehrleute darstellen. So wurde etwa in den Medien berichtet, dass ein Feuerwehrmann nach einem Stromschlag an einer Photovoltaikanlage im Spital behandelt werden musste. Dies hat sich als eine Falschmeldung erwiesen. Der Feuerwehrmann wurde zwar tatsächlich durch einen Stromschlag verletzt, auf dem betreffenden Gebäude befand sich aber gar keine Photovoltaikanlage sondern lediglich eine solarthermische Anlage. Auch Berichte, wonach die Feuerwehr Häuser einfach abbrennen liess, weil die Photovoltaikanlage den Einsatz von Löschwasser verunmögliche, hielten einer genaueren Betrachtung nicht stand. Solche Falschmeldungen haben einen regelrechten Hype ausgelöst und der Photovoltaik einen erheblichen Imageschaden verursacht. Sie haben aber auch dazu geführt, dass sich die PV-Branche ernsthaft mit diesem Thema auseinandersetzen musste. So wurden in der darauf folgenden Zeit verschiedene Untersuchungen dazu durchgeführt [2]. Durch diese konnte unter anderem festgestellt werden, dass das Besprühen von PV Anlagen mit Löschwasser unbedenklich ist, wenn genügende Minimalabstände eingehalten werden (gemäss DIN VDE 0132 fünf Meter bei Vollstrahl, ein Meter bei Sprühstrahl). Eine Gefahr kann aber der Solargenerator darstellen, insbesondere weil dieser prinzipiell nicht abschaltbar ist. Dies ist aber auch nur dann ein Problem, wenn die Solarmodule oder die Verkabelung direkt berührt werden und bereits ein Isolationsfehler vorliegt. Ausserdem erhöht der Solargenerator die Dachlast, was gerade im Brandfall die Einsturzgefahr erhöht.

Bei einem Gebäudebrand entstehen hochoverhitzte und stark toxische Rauchgase (Pyrolysegase). Diese können eine Temperatur von über 600°C erreichen und sind teilweise so giftig, dass ein einziger Atemzug davon tödlich sein kann. Ausserdem behindern die Rauchgase die Sicht beim Rettungseinsatz. Schlussendlich kann es bei genügend hoher Konzentration und Temperatur zu einer Rauchgasdurchzündung kommen, bei der sich das Rauchgasgemisch mit einer Stichflamme und Temperaturen von über 1'000°C entzündet. Nebst dem hohen Risiko für Personen geht das Gebäude bei einer Rauchgasdurchzündung oftmals in einen Vollbrand über, was häufig einen Totalschaden zur Folge hat. Um dies zu verhindern, sorgt die Feuerwehr in der Regel für eine gute Belüftung des Gebäudes, so dass die Rauchgase abziehen können. Bei kleineren Gebäuden erfolgt dies in der Regel durch das Öffnen oder Einschlagen eines Dachfensters. Bei grösseren Gebäuden sind oftmals Rauchgasklappen vorhanden, welche sich bei einem Feueralarm automatisch öffnen. In den USA ist es eine übliche Praxis, dass im Brandfall mit Hilfe einer Motorsäge ein Ventilationsloch in das Dach geschnitten wird (diese Methode wird vertical ventilation genannt). Dies ist bei der viel massiveren europäischen Bauweise schon alleine wegen der Dachisolation in den meisten Fällen nicht möglich.



Abbildung 1: Manchmal ist der Kontakt mit der PV-Anlage unvermeidlich
(Quelle: M. Rutschi, Feuerwehr der Stadt Burgdorf)

Um die Belüftung zu ermöglichen, müssen die Feuerwehrleute häufig das Dach des brennenden Gebäudes betreten. Und genau in diesem Fall kann es zu einem Kontakt mit dem potentiell gefährlichen Solargenerator kommen. Die Feuerwehrleute sind in der Regel dazu geschult, dass sie den Solargenerator weder berühren noch betreten sollen. Der Solargenerator stellt aber für die Einsatzkräfte auf dem Dach ein Hindernis dar (siehe Abbildung 1). Es liegt in der Natur der Sache, dass Feuerwehrleute im Einsatz unter hohem Zeitdruck arbeiten. Daher muss davon ausgegangen werden, dass es trotz anders lautenden Anweisungen gelegentlich zu einer mehr oder weniger beabsichtigten Berührung des Solargenerators kommen wird. In den allermeisten Fällen stellt dies auch kein Problem dar, da alle Komponenten des Solargenerators elektrisch isoliert sind und über eine hohe mechanische Robustheit verfügen (viele Solarmodule können sogar ohne Beschädigung der Isolation betreten werden). Anders sieht die Sache natürlich aus, wenn der Solargenerator durch den Brand bereits in Mitleidenschaft gezogen wurde. Bei einem so weit fortgeschrittenen Gebäudebrand wird aber kaum jemand mehr das Dach betreten, da erstens in diesem Stadium des Brandes die Belüftung kaum noch einen Vorteil bringt und zweitens das Dach bereits akut einsturzgefährdet ist.

Anforderungen an die Zuverlässigkeit

Bei einer Schnellabschaltung, wie sie im NEC2017 gefordert wird, handelt es sich um eine sicherheitsrelevante Applikation, welche unter Umständen zwischen Leben und Tod entscheiden kann. Von einer Photovoltaikanlage wird ein möglichst wartungsfreier Betrieb während einer Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren oder länger erwartet. Das bedeutet, dass die Schnellabschaltfunktion im Ernstfall auch nach Jahren bis Jahrzehnten der Inaktivität fehlerfrei funktionieren muss. Dies stellt extreme Anforderungen an die Zuverlässigkeit. In den meisten Fällen wird die Abschaltfunktion eine elektronische Schaltung erfordern, welche entweder direkt in die Modulanschlussdose integriert ist oder sich in unmittelbarer Nähe der Modulanschlussdose auf der Rückseite des Solargenerators befindet. In diesen Bereichen herrschen sehr raue Umweltbedingungen. So kann etwa die Temperatur innerhalb einer Modulanschlussdose bei einer Teilbeschattung des Moduls (wenn die Bypassdioden aktiv werden) mehr als 100°C erreichen. Im Winter sind wiederum besonders in der Nacht Temperaturen im Minusbereich möglich. Zu diesen extremen Temperaturzyklen kommen Feuchtigkeitsschwankungen, welche mitunter zur Bildung von Kondenswasser führen können. Eine Elektronik, welche unter diesen Umweltbedingungen eine Lebensdauer von bis zu 30 Jahren erreichen soll, muss sauber gekapselt sein und darf keinerlei Schwachstellen im Design oder der Auswahl der Bauelemente aufweisen [1]. Schon rein aus statistischen Überlegungen wird aber eine Erhöhung der Komplexität der Anlage – welche durch die Schnellabschaltfunktion unvermeidlich ist – zwangsläufig zu einer Erhöhung der mittleren Ausfallrate führen. Denn jede zusätzliche Komponente ist auch eine potentielle Fehlerstelle. Um

die geforderte Lebensdauer zu garantieren sind deshalb sorgfältige Zuverlässigkeitsanalysen anhand von empirischen Modellen und umfassende Überprüfungen der betreffenden Komponenten mit Methoden zur beschleunigten Alterung (z.B. Temperaturzyklen-Tests in der Klimakammer) durchzuführen. Schlussendlich wäre es anzustreben, dass die funktionale Sicherheit der Schnellabschaltfunktion gewisse normative Mindestanforderungen erfüllen muss, vergleichbar mit den SIL Stufen in der Automatisierungstechnik.

Die Abschaltfunktion muss auch dann noch zuverlässig funktionieren, wenn die Solaranlage bereits beschädigt wurde (z.B. durch den Brand selber). Sie ist daher unbedingt nach dem Fail-Safe Prinzip auszulegen. Das bedeutet, dass das System in einem Fehlerfall automatisch in einen sicheren Betriebszustand gehen muss. Im Fall der Schnellabschaltung nach NEC2017 bedeutet dies, dass die Schnellabschaltfunktion aktiv werden muss, wenn beispielsweise die Verbindung vom Auslöseschalter (beim Hauseingang) und den Elementen zur Auftrennung der Anlage unterbrochen wird. Dadurch darf jedoch die Betriebssicherheit der Anlage nicht massgeblich beeinflusst werden. Denn wenn eine Anlage zu oft unnötigerweise abschaltet, entsteht daraus ein Akzeptanzproblem für die Schnellabschaltfunktion (etwa so wie bei einer dauernd auslösenden Sicherung, welche irgendwann kurzerhand überbrückt wird).

Konformität mit Normen und Regeln

Da die Schnellabschaltung eine neue Forderung ist, gibt es nach dem Wissensstand der Autoren noch keine normativen Anforderungen dazu, wie diese Funktion umgesetzt werden muss oder wie sie getestet werden soll. In diesem normativen Ödland darf im Prinzip jedes einschlägige Produkt ohne besondere Prüfung als Lösung für die Anforderungen nach NEC2017 angepriesen werden. Dies ist für eine sicherheitsrelevante Applikation, welche die bereits genannten Anforderungen an die Zuverlässigkeit erfüllen muss, eine sehr unbefriedigende Situation.

Für andere sicherheitsrelevante Belange der Photovoltaik gibt es bereits heute sehr klare Normen. So sind etwa die Anforderungen an Solarmodule in der IEC 61215 sehr genau festgelegt. Auch der Solarwechselrichter muss viele Anforderungen erfüllen. Ein Beispiel dafür ist die Einrichtung zur Netzüberwachung mit zugeordneten Schaltorganen, kurz ENS. Diese muss laufend die Parameter des Stromnetzes (Frequenz, Spannung, Impedanz) überwachen und beim Überschreiten der Grenzwerte den Wechselrichter vom Netz trennen. Damit soll ein Inselbetrieb im Falle einer Netzabschaltung verhindert werden. Auch hier hält es sich um eine sicherheitsrelevante Abschaltfunktion. Somit könnten die Anforderungen an die ENS sinngemäss auf die Schnellabschaltung nach NEC2017 übertragen werden. Das würde zum Beispiel bedeuten, dass die Schnellabschaltfunktion redundant ausgeführt werden müsste. Um die Sicherheit zu gewährleisten, müssten immer mindestens zwei in Serie geschaltete Trennkontakte vorhanden sein. Dabei müsste

mindestens einer der beiden Trennkontakte ein elektromechanischer Schalter sein (kein Halbleiterschalter). Wenn also an die Schnellabschaltung dieselben Sicherheitsanforderungen gestellt werden wie an die ENS (und es gibt keinen Grund, warum dem nicht so sein sollte), dann hätte das weitreichende Folgen. Gerade der elektromechanische Schalter wäre ein Problem, denn dieser müsste nicht nur ein einzelnes Modul, sondern den ganzen Strang unterbrechen können (ansonsten würde beim verfrühten Öffnen eines Schalters ein Lichtbogen entstehen, was seinerseits ein grosses Brandrisiko darstellt und dem Fail-Safe Prinzip widersprechen würde). Wir reden hier also von einem hochwertigen Lasttrennschalter, welcher einen DC-Strom von beispielsweise 10A bei einer Spannung von bis zu 1'000V abschalten kann. Und es müsste pro Modul ein solcher Schalter vorhanden sein. Damit würde die Schnellabschaltfunktion zu einem kaum tragbaren Kostenfaktor werden.

Wenn die Feuerwehr bei den Löscharbeiten Manipulationen am Solargenerator vornehmen muss (z.B. Wegräumen von einzelnen Modulen), dann handelt es sich dabei um eine Arbeit an einer elektrischen Anlage. Mal abgesehen davon, dass solche Arbeiten nur von einem qualifizierten Elektrofachmann ausgeführt werden dürften, gelten dafür im deutschsprachigen Raum und in vielen anderen Ländern die folgenden fünf Sicherheitsregeln (teilweise in abgeänderter Form, aber sinngemäss weitgehend identisch):

1. Freischalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und Kurzschliessen
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken

Obschon es sich bei einem Feuerwehreinsatz um einen Notfall handelt, geht der Selbstschutz der Rettungskräfte vor. Daher sollten die Sicherheitsregeln auch in diesem Fall berücksichtigt werden. Die erste Regel wird durch die Schnellabschaltfunktion nach NEC2017 abgedeckt. Die zweite Regel könnte mit vertretbarem Aufwand (z.B. abschliessbare Schalter) ebenfalls erfüllt werden. Bei Regel drei wird die Feuerwehr aber schnell an Ihre Grenzen stossen. Erstens wird es der Zeitdruck beim Löscheinsatz wohl kaum erlauben, irgendwelche Spannungsmessungen durchzuführen und zweitens werden dafür Kenntnisse in der Elektrotechnik benötigt, welche bei Feuerwehrleuten oftmals fehlen dürften. Erschwerend kommt noch dazu, dass die Schutzbekleidung der Feuerwehrleute die Messungen stark behindern würden. Die Regeln vier und fünf können bei fachgerechter Ausführung der Regeln eins bis drei vernachlässigt werden. Regel vier wäre für die Feuerwehr noch schwieriger zu erfüllen als Regel drei. Regel fünf dürfte während den meisten Löscheinsätzen keine Rolle spielen. Prinzipiell muss also davon ausgegangen werden, dass die Feuerwehr keine Möglichkeit hat, im Einsatz die Spannungsfreiheit an einem Solargenerator sicherzustellen. In einem solchen Zweifelsfall gilt, dass der Solargenerator als „unter Spannung“ betrachtet werden muss und auch keine Manipulationen vorgenommen werden dürfen. In dem Fall

könnte man den Solargenerator aber auch genauso gut eingeschaltet lassen. Wenn die fünf Sicherheitsregeln also strikt befolgt werden, dann bringt die Schnellabschaltung nach NEC2017 der Feuerwehr keinen nennenswerten Nutzen.

Mögliche Erschaffung neuer Probleme

Eine neue Funktion wie die Schnellabschaltung nach NEC2017 kann immer auch neue Probleme mit sich bringen. Einige davon wurden bereits bei der Betrachtung der geforderten Zuverlässigkeit angedeutet. Genau hier liegt aber aus Sicht der Autoren ein grosses Risiko, denn im Einsatz würde sich die Feuerwehr darauf verlassen müssen, dass die Schnellabschaltung fehlerfrei funktioniert. Wenn aber die Abschaltfunktion zwar vorhanden ist, jedoch nicht zuverlässig funktioniert, dann wäre das im Ernstfall verheerend, denn bei einer fehlgeschlagenen Abschaltung der Anlage würde sich die Feuerwehr in falscher Sicherheit wiegen. Dies würde automatisch zu einem sorglosen Umgang mit dem Solargenerator führen, welcher aber immer noch unter Spannung steht. Das Unfallrisiko wäre in einem solchen Fall sehr hoch. Wenn die Zuverlässigkeit der Abschaltfunktion nicht mit genügend hoher Sicherheit garantiert werden kann, dann wäre es aus Sicht der Autoren besser, wenn auf die Funktion ganz verzichtet wird.

Es wurde bereits erwähnt, dass eine sichere Kontakttrennung im Prinzip nur mit einem elektromechanischen Schaltkontakt realisiert werden kann. Dieser Kontakt muss jahrzehntelang den Strangstrom führen und im Ernstfall diesen Strangstrom zuverlässig abschalten können. Wenn dieser Schalter in seiner Funktion versagt – sei es durch einen zu hohen Übergangswiderstand im Betrieb oder eine ungenügende Kontakttrennung im Auslösefall – kann ein Lichtbogen entstehen, welcher seinerseits ein grosses Brandrisiko darstellt. Da pro Modul mindestens ein solcher Schalter benötigt wird, dann sind in einer mittelgrossen Photovoltaikanlage hunderte solcher Schalter eingebaut. Wenn auch nur ein einzelner dieser Schalter versagt, dann wird die Schnellabschaltfunktion, welche eigentlich der Sicherheit dienen sollte, selber zum Risikofaktor. Auch diesbezüglich teilen die Autoren die Ansicht, dass im Zweifelsfall – wenn die Qualität nicht garantiert werden kann – auf die Abschaltfunktion verzichtet werden sollte.

Einsatz von Modulwechselrichtern und Leistungsoptimierern

Nebst den altbekannten Topologien mit String- oder Zentralwechselrichtern wurden in den letzten Jahren viele neue Anlagen mit Modulwechselrichtern oder Leistungsoptimierern in Betrieb genommen. Bei solchen Systemen werden die Module nicht mehr direkt in Serie geschaltet, sondern jedes Modul ist entweder mit einem DC-AC-Wandler (Modulwechselrichter) oder einem DC-DC-Wandler (Leistungsoptimierer) ausgestattet, welcher auf Modulebene ein MPP-Tracking durchführt. Üblicherweise sind solche Geräte schaltungstechnisch in der Lage, ihren Ausgang spannungsfrei zu schalten und sie verfügen bereits über eine Möglichkeit

zur Kommunikation untereinander oder zu einem Gateway. Eine Schnellabschaltfunktion, wie sie im NEC2017 gefordert wird, ist daher bei den meisten Modulwechselrichtern und Leistungsoptimierern bereits vorhanden oder kann mit geringem Aufwand (etwa durch ein Firmware-Update) nachgerüstet werden. Bei Modulwechselrichtern reicht es beispielsweise bereits aus, wenn die Verbindung zum Stromnetz getrennt wird, wodurch sich die einzelnen Wechselrichter automatisch ausschalten (als zusätzliche Sicherheit sollten die getrennten AC-Leitungen aber noch geerdet werden). Dennoch müssen auch bei solchen Systemen Überlegungen zur Zuverlässigkeit und zum Fail-Safe-Prinzip vorgenommen werden, bevor ihnen diese sicherheitsrelevante Funktion anvertraut wird.

Nach dem Wissensstand der Autoren sind Modulwechselrichter und Leistungsoptimierer derzeit die einzigen auf dem Markt verfügbaren Produkte, mit denen die Schnellabschaltfunktion nach NEC2017 realisiert werden kann. Es ist anzunehmen, dass mit dem Inkrafttreten des NEC2017 zahlreiche Hersteller nachziehen werden und es in absehbarer Zeit eine Fülle von neuen Produkten geben wird. Bis es soweit ist, werden aber Mikrowechselrichter und Leistungsoptimierer in den Staaten, in denen der NEC2017 in Kraft ist, de facto zum Marktstandard erklärt. Dies ist sicher im Sinne der Hersteller von solchen Produkten. Inwiefern das Erscheinen der Schnellabschaltfunktion im NEC2017 auf Lobbyarbeit zurückzuführen ist, soll in diesem wissenschaftlichen Beitrag aber nicht kommentiert werden. Vielmehr wird darauf hingewiesen, dass Modulwechselrichter und Leistungsoptimierer gegenüber klassischen Wechselrichtersystemen nicht nur Vor-, sondern auch Nachteile haben. So haben solche Systeme in den meisten Fällen tiefere Wirkungsgrade bei höheren Kosten. Energetisch und Ökonomisch rechnen sich Mikrowechselrichter und Leistungsoptimierer daher in der Regel nur bei Anlagen mit starken Teilbeschattungen. Ausserdem müssen diese relativ neuen Systeme ihre Zuverlässigkeit im langjährigen praktischen Einsatz erst noch unter Beweis stellen.

Schnellabschaltfunktion in Europa?

Dieser Abschnitt widmet sich der Frage, ob eine Schnellabschaltfunktion, wie sie im NEC2017 gefordert wird, in Europa sinnvoll und notwendig wäre. Derzeit ist es so, dass bei den meisten Photovoltaikanlagen in Europa nicht einmal eine Abschaltung auf Strangebene (mit einem Feuerwehrscharter) vorhanden ist. Um den Nutzen einer Abschaltung auf Modulebene zu beurteilen, müssen zunächst die Unterschiede zu den USA betrachtet werden. Wie bereits erwähnt wurde, ist es in den USA eine übliche Praxis, im Brandfall mit Hilfe einer Motorsäge ein Loch in das Gebäudedach zu schneiden. Dies ist möglich, weil viele Dächer in den USA aus einer reinen Holzkonstruktion bestehen, welche mit Dachpappschindeln belegt ist. In Europa sind die meisten Dächer mit Ziegeln belegt, welche nicht einfach mit einer Motorsäge durchtrennt werden können. Unter dem Unterdach ist oftmals eine mehrere Zentimeter dicke Isolationsschicht aus Steinwolle oder einem ähnlichem Material

vorhanden, welche ebenfalls ein grosses Hindernis darstellt. Deshalb wird die in den USA übliche Methode in Europa nicht oder kaum angewendet. Folglich stellt hierzulande eine Photovoltaikanlage diesbezüglich auch kein Problem dar. Dennoch muss auch bei uns die Feuerwehr gelegentlich das Gebäudedach betreten, wobei der Solargenerator ein Hindernis sein kann. Die Einsatzkräfte sind in der Regel dazu geschult, dass sie die Photovoltaikanlage meiden sollen. Dennoch wäre es auch für unsere Feuerwehrleute ein Vorteil, wenn die Anlage mit einfachen Mitteln in einen ungefährlichen Zustand versetzt werden könnte, so dass auch Arbeiten im Bereich des Solargenerators möglich werden. Ob dieser Zusatznutzen den zusätzlichen Aufwand rechtfertigt, ist aber fragwürdig. Fakt ist, dass das Dach aufgrund der Einsturzgefahr nur dann betreten wird, wenn der Brand noch nicht allzu weit fortgeschritten ist. Zu dem Zeitpunkt ist in der Regel auch der Solargenerator noch intakt und damit isolationstechnisch einwandfrei. Kritisch wird es dann, wenn aus welchen Gründen auch immer einzelne Solarmodule aus dem Weg geschafft werden müssen. Dies sollte aber eine absolute Ausnahmesituation sein. Obschon in Europa mittlerweile Photovoltaikanlagen mit rund 100GWp Gesamtleistung installiert sind, sind den Autoren keine schweren Unfälle von Feuerwehrleuten aufgrund von Photovoltaikanlagen bekannt. Die Gefahr eines Solargenerators kann damit als moderat eingestuft werden. Eine Schnellabschaltfunktion wäre daher sicher praktisch, aber nicht zwingend notwendig.

Alternative Lösungsansätze

In diesem Kapitel wird die Frage aufgegriffen, wie die Gefahr für die Lösch- und Rettungskräfte durch eine Photovoltaikanlage ohne die Schnellabschaltung gebannt werden könnte. Dazu wird zunächst diskutiert, wie hoch der Handlungsbedarf in diesem Bereich überhaupt ist. Wie bereits erwähnt wurde, sind Unfälle bei Löscheinsätzen aufgrund von Photovoltaikanlagen äusserst selten. Den Autoren ist kein einziger Fall bekannt, in denen ein Feuerwehrmann aufgrund einer Photovoltaikanlage nennenswert verletzt wurde (es kam aber bereits zu Stromschlägen, welche jedoch ohne Folgen blieben). Allerdings ist es sehr schwierig, zu diesem Thema verlässliche Zahlen zu erhalten. Zudem ist es derzeit immer noch so, dass Photovoltaikanlagen auf Hausdächern vielerorts die Ausnahme und nicht die Regel sind. In nicht allzu ferner Zukunft sollen Hausdächer mit Photovoltaikanlagen aber zum Normalfall werden. Daher ist der Personenschutz – nicht nur bei Feuerwehreinsätzen – ein wichtiges Anliegen, welches von der Photovoltaikbranche konsequent ernst genommen und nicht verharmlost werden sollte. Die Gefahr, welche von einer Photovoltaikanlage ausgeht ist aber verglichen mit anderen Gefahren, denen die Feuerwehr im Einsatz begegnet (z.B. explosive Gase oder Chemikalien), nicht überdurchschnittlich hoch. Das Problem besteht erstens darin, Elektrizität eine abstrakte, mit unseren Sinnen von aussen her nicht wahrnehmbare Grösse ist und dass zweitens die meisten Feuerwehrleute

elektrotechnische Laien sind, welche nur eine rudimentäre Ausbildung im Umgang mit elektrischen Gefahren haben. Diese Gefahren kommen aber auch schon bei den üblichen Hausinstallationen vor, sind also an sich nichts Neues (tatsächlich sind Wechselspannungsinstallationen für den Menschen noch gefährlicher als Gleichspannungen [2]). Einzig dadurch, dass der Solargenerator eine erhebliche Grösse hat und sich auf dem Dach befindet, ist die Wahrscheinlichkeit für einen Kontakt mit spannungsführenden Teilen höher. Zusammengefasst heisst das, dass ein Solargenerator sehr wohl eine Gefahr, jedoch kein Grund zur Panik ist.

Die Gefahren durch Photovoltaik (und andere Elektroinstallationen) könnten durch eine eingehende Schulung der Einsatzkräfte und durch geeignete Hilfsmittel stark reduziert werden. Dazu müssten die Feuerwehrleute mit den Grundlagen der Elektrotechnik den gängigen Schutz- und Erdungsmassnahmen vertraut gemacht werden. Die Infrastruktur der Feuerwehr müsste durch Schutzbekleidung ergänzt werden, welche gegen Stromschläge schützt. Dies könnte eventuell mit dem bestehenden Schutz gegen Hitze und Rauchgase in derselben Schutzbekleidung kombiniert werden. Dazu sollten soweit möglich nur noch elektrisch isolierende (oder geerdete) Werkzeuge eingesetzt werden. Natürlich würde eine solche Umstrukturierung sehr hohe Investitionen erfordern und wäre heutzutage kaum flächendeckend umsetzbar. Alternativ bestünde natürlich auch die Möglichkeit, pro Standort nur ein paar einzelne Feuerwehrleute zu diesbezüglichen Spezialisten ausbilden und ausrüsten zu lassen. Das würde die Feuerwehren aber vor grosse logistische Probleme stellen, denn in den Einsatzplänen müsste immer berücksichtigt werden, dass zu jeder Zeit immer mindestens einer dieser Spezialisten einsatzbereit wäre. Gerade bei einer Milizfeuerwehr dürfte dies kaum zu bewältigen sein. Wie aber bereits erwähnt wurde, werden Photovoltaikanlagen in der Zukunft nicht mehr die Ausnahme, sondern der Normalfall sein. In einem solchen Umfeld sollte genau untersucht werden, was sinnvoller und wirtschaftlicher ist: Alle Photovoltaikanlagen mit einer Schnellabschaltfunktion auszurüsten (was mit den beschriebenen Risiken und Problemen verbunden ist) oder die Lösch- und Rettungsmannschaften so auszubilden und auszurüsten, dass sie die Gefahren einer Photovoltaikanlage beherrschen können.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde beschrieben, dass eine Schnellabschaltung für Photovoltaikanlagen, wie sie im NEC2017 gefordert wird, ein Optimum an Sicherheit bietet. Dies jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die Funktion zuverlässig arbeitet. Da es sich bei der Schnellabschaltung um eine sicherheitsrelevante Funktion handelt, welche dem Personenschutz dienen soll, sind die Anforderungen an die Zuverlässigkeit sehr hoch. Dies wird dadurch erschwert, dass im Bereich des Solargenerators sehr raue Umweltbedingungen herrschen und dass die Abschaltfunktion auch noch nach Jahrzehnten der Inaktivität sicher funktionieren

muss. Das alles stellt sehr hohe Anforderungen an die Fertigungsqualität der einzelnen Komponenten einer solchen Abschaltfunktion. Da es sich um eine neue Funktion handelt, gibt es nur sehr wenig Normen, Vorschriften oder Richtlinien zu den Mindestanforderungen. Wenn jedoch die Funktion vorhanden ist, aber nicht über die notwendige Qualität verfügt, kann dies kontraproduktiv sein. Einerseits kann eine nicht funktionierende Abschaltfunktion den Lösch- und Einsatzkräften ein gefährliches, falsches Sicherheitsgefühl geben. Andererseits können durch Mängel in den Komponenten zur Schnellabschaltung Schäden entstehen, welche beispielsweise zu einem Störlichtbogen mit dem entsprechenden Brandrisiko führen können. Durch den Einsatz von Modulwechselrichtern oder Leistungsoptimierern kann die Abschaltfunktion vergleichsweise einfach realisiert werden. Die Nachteile von solchen Systemen gegenüber klassischen String- oder Zentralwechselrichter-Anlagen dürfen dabei aber nicht ausser Acht gelassen werden. Eine mögliche Alternative zur Schnellabschaltung wäre eine geeignete Zusatzausbildung und Zusatzausrüstung der Feuerwehr, damit diese die Gefahren einer Photovoltaikanlage beherrschen kann. Da aber die Gefährdung, welche von einer Photovoltaikanlage ausgeht, moderat ist, wäre eine solche Umstrukturierung derzeit kaum sinnvoll oder umsetzbar. Dies könnte sich jedoch ändern, wenn Photovoltaikanlagen nicht mehr die Ausnahme sind, sondern zum Normalfall werden.

Danksagungen

Wir bedanken uns bei unseren Partnern, welche uns finanziellen Support geben. Das Brandschutzprojekt der BFH wird von der Gebäudeversicherung Bern (GVB) unterstützt. Weitere Partner sind die Swiss Competence Centres for Energy Research (SCCER), die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) sowie das Bundesamt für Energie (BFE). Ein besonderer Dank geht an Herrn Martin Rutschi, Kommandant der Feuerwehr der Stadt Burgdorf, welcher diesen Beitrag dank seiner fachkundigen Unterstützung erst ermöglicht hat.

Literaturverweise

- [1] C. Merz, G. Bettenwort, M. Hopf, H. Knopf, J. Laschinski "Safe PV Plants with Panel Level Electronics?", 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, München, Deutschland, Juni 2016.
- [2] H. Häberlin, L. Borgna, P. Schär: „PV und Feuerwehr: Keine Panik, sondern realistische Einschätzung der elektrischen Gefahren und möglicher Gegenmassnahmen“, 26. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Staffelstein, Deutschland, März 2011.

Alle aufgeführten Beiträge können unter www.pvtest.ch heruntergeladen werden.