



Gefahrenabwehr an Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien

Eine Hilfe für die Feuerwehren des Landes Brandenburg

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Landesschule und Technische Einrichtung
für Brand- und Katastrophenschutz
des Landes Brandenburg
Eisenbahnstraße 1a
15890 Eisenhüttenstadt

AUTOREN

Branddirektor (Ang.) Heinz Rudolph
Brandamtmann Klaus Röhm
Brandamtsrat Reinhard Schlösser

REDAKTION

Landesschule und Technische Einrichtung für Brand- und Katastrophenschutz
des Landes Brandenburg
Branddirektor (Ang.) Heinz Rudolph

DRUCK

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg

1. Auflage 2012 (3.000 Stück)

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	1
1 EINLEITUNG	2
2 WINDENERGIEANLAGEN	3
2.1 Allgemeines.....	3
2.2 Aufbau und Funktionsweise.....	4
2.3 Einsatzvorbereitung	7
2.4 Einsatzmaßnahmen bei möglichen Szenarien.....	8
2.4.1 Brand von WEA.....	8
2.4.2 Brand im Umfeld von WEA	13
2.4.3 Technische Unfälle/Unregelmäßigkeiten an WEA	15
2.4.4 Eiswurf/Eisfall an WEA.....	17
2.4.5 Menschenrettung aus WEA	20
3 SOLARANLAGEN	23
3.1 Allgemeines.....	23
3.2 Solarthermieranlagen	23
3.2.1 Aufbau und Funktionsweise	23
3.2.2 Einsatzvorbereitung	25
3.2.3 Einsatzhinweise	25
3.3 Photovoltaikanlagen.....	30
3.3.1 Aufbau und Funktionsweise	30
3.3.2 Einsatzvorbereitung	33
3.3.3 Einsatzhinweise	33
3.4 Solarhybridanlagen	37
4 BIOGASANLAGEN	38
4.1 Allgemeines.....	38
4.2 Geschichtliches und gegenwärtiger Stand	38
4.3 Grundlagen des Biogasverfahrens	39
4.3.1 Ausgangs- und Endstoffe.....	39
4.3.2 Anlieferung und Substrataufbereitung	41
4.3.3 Fermentation.....	42
4.3.4 Nachgärung und Gärrestelager	43
4.3.5 Gaslager und Gasspeicherung	43
4.3.6 Gasführendes System	44
4.3.7 Gasnutzung	46

4.4	Einsatzvorbereitung	47
4.5	Einsatzhinweise	47
4.5.1	Brand von Substrat	47
4.5.2	Gasbrand am Foliengasspeicher	49
4.5.3	Biogasaustritt ohne Brandfolge.....	51
4.5.4	Brand am Blockheizkraftwerk (BHKW)	53
	Literatur und Quellenverzeichnis.....	55

Vorwort

Der technische Fortschritt stellt die Feuerwehren in wachsendem Maße vor hohe Anforderungen. Immer komplexer werdende technologische Prozesse, ein hohes verkehrsbezogenes Gefahren- und Risikopotenzial sowie die ständige Weiterentwicklung von Feuerwehrtechnik und -taktik verlangen in einem Flächenland wie Brandenburg vor allem von den ehrenamtlichen Feuerwehrangehörigen Einiges ab. Das betrifft gegenwärtig besonders den Sektor der Energieerzeugung.



Der Deutsche Bundestag hat am 30. Juni 2011 das Gesetz zur Neuregelung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien beschlossen. Der Ausbau der erneuerbaren Energien wird demzufolge dynamisch vorangetrieben. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch soll spätestens 2020 mindestens 35 % betragen. 2030 sollen es 50 %, 2040 schon 65 % und 2050 sogar 80 % sein.

Die Feuerwehren müssen sich großen Herausforderungen in der Einsatzvorbereitung und -durchführung stellen. Um sie meistern zu können, hat das Land Brandenburg gerade in den letzten Jahren eine Reihe von unterstützenden Maßnahmen ergriffen. So wurden seit 2007 im Rahmen des Programms Stützpunktfeuerwehren insgesamt 223 neue, moderne Einsatzfahrzeuge beschafft. Einsatztaktische Gesichtspunkte der Gefahrenabwehr an Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien wurden in die Ausbildung von Führungs- und Spezialkräften an der zentralen Ausbildungsstätte in Eisenhüttenstadt aufgenommen.

Mit dieser Broschüre soll ein weiterer Beitrag zur Anpassung der Aus- und Fortbildung auf örtlicher Ebene an die Entwicklung geleistet werden. Sie ist ein Hilfsmittel zur Vorbereitung von Ausbildern auf Unterrichte und eignet sich auch für das Selbststudium der Kameradinnen und Kameraden.

Ich wünsche allen Feuerwehrangehörigen, dass sie stets gesund von ihren gefährlichen Einsätzen zurückkommen. Möge das vorliegende Material dazu beitragen.

Leitender Branddirektor Dipl.-Ing. Norbert Zoschke
Landesbranddirektor und Leiter der LSTE

1 Einleitung

Erneuerbare Energien stammen aus Quellen, die sich entweder kurzfristig von selbst erneuern oder deren Nutzung nicht zur Erschöpfung der Quelle beiträgt. Sie werden auch regenerative Energien genannt. Zu ihnen zählen laut Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

- die Wasserkraft einschließlich der Wellen-, Gezeiten-, Salzgradienten- und Strömungsenergie,
- die Windenergie,
- solare Strahlungsenergie (Sonnenenergie),
- die Geothermie und
- die Energie aus Biomasse einschließlich Biogas, Biomethan, Deponiegas und Klärgas sowie aus dem biologisch abbaubaren Anteil von Abfällen aus Haushalten und Industrie.

Dem Gefahren- und Risikopotenzial im Land Brandenburg Rechnung tragend werden in dieser Broschüre die Windenergie-, Solar- und Biogasanlagen behandelt. Die Technologien werden ständig weiterentwickelt und unterliegen damit häufigen Veränderungen. Alle technischen Details sind auf den Zeitpunkt der Erstellung des Materials bezogen.

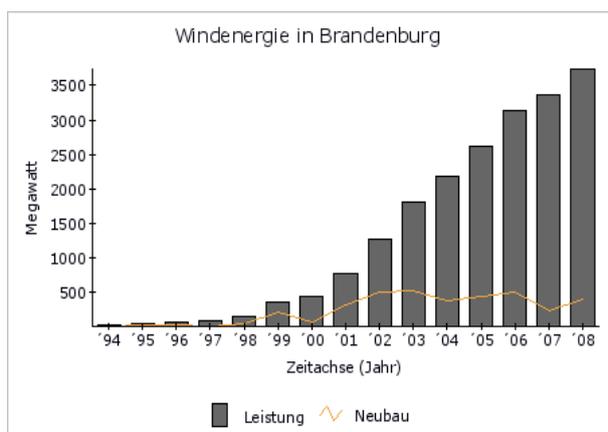
Die Hinweise und Empfehlungen zur Gefahrenabwehr bei bestimmten Gefahrenlagen sind allgemeiner Natur. Im konkreten Einsatzfall kann es die jeweilige Lage erfordern, ganz oder teilweise davon abzuweichen. Grundsätzlich gelten die taktischen Regeln aus den Feuerwehr-Dienstvorschriften und anderen Regelwerken.

Die Auswahl der Szenarien, für die taktische Hinweise gegeben werden, erfolgte nach Kriterien, wie die Eintrittswahrscheinlichkeit, die Größe der zu erwartenden Auswirkungen und der zu erwartende Aufwand bei der Gefahrenabwehr. Ein Anspruch auf Vollständigkeit besteht nicht.

2 Windenergieanlagen

2.1 Allgemeines

Die Zahl der Windenergieanlagen (nachfolgend abgekürzt mit WEA) ist in den vergangenen Jahren stark angestiegen. Seit 2001 hat sich die installierte Leistung der WEA im Land Brandenburg mehr als vervierfacht. Mit einer installierten Leistung von 4.300 MW (Stand November 2010) ist Brandenburg in Bezug auf die Erzeugung von Windenergie das Binnenland Nr.1 in Deutschland. Es ist das Bundesland mit dem stärksten Wachstum bei der Windenergienutzung.



Dieser Wachstumstrend hält weiterhin an. Das Ausbauziel der Energiestrategie für 2020 liegt bei 7.500 MW. Die große und noch größer werdende Zahl der WEA stellt ein Gefahrenpotenzial dar und erweitert so das Einsatzspektrum der Feuerwehren im Land Brandenburg.

Abb. 2.1/1: Windenergie in Brandenburg (Quelle: Bundesverband Windenergie)

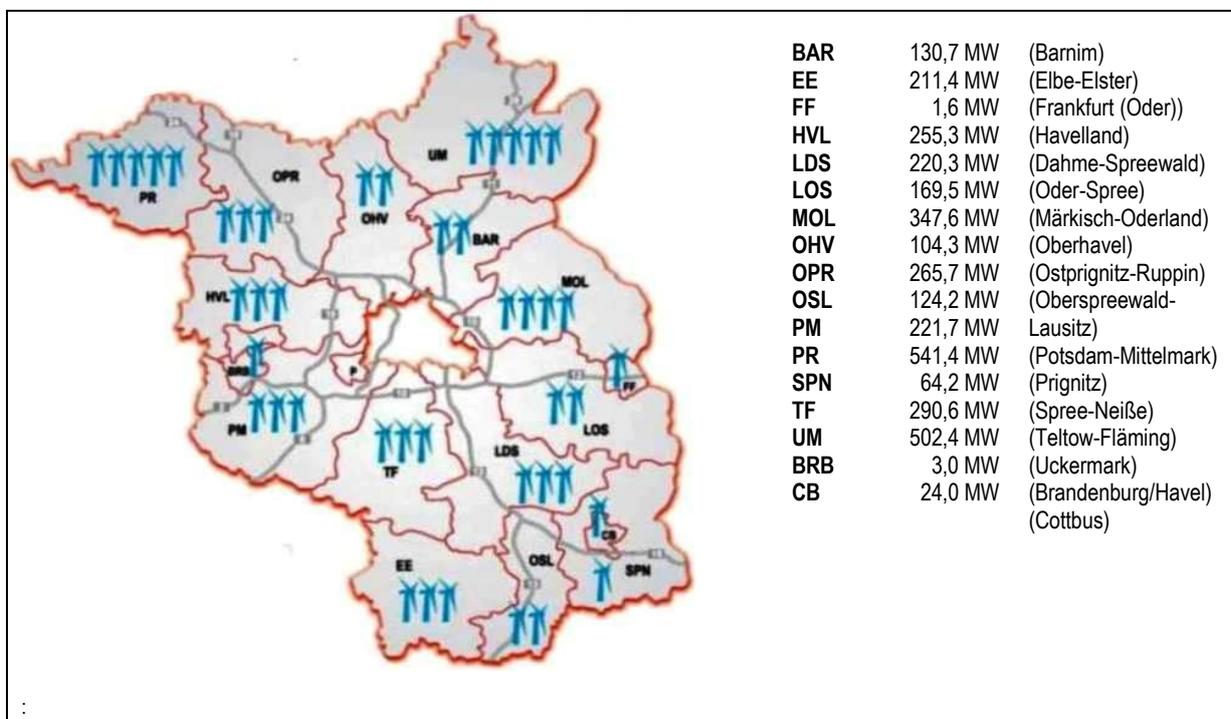


Abb. 2.1/2: Windenergieanlagen in Brandenburg - Installierte Leistung nach Landkreisen - Stand: Mai 2008 (Quelle: ETI-Brandenburgische Energie Technologie Initiative)

2.2 Aufbau und Funktionsweise

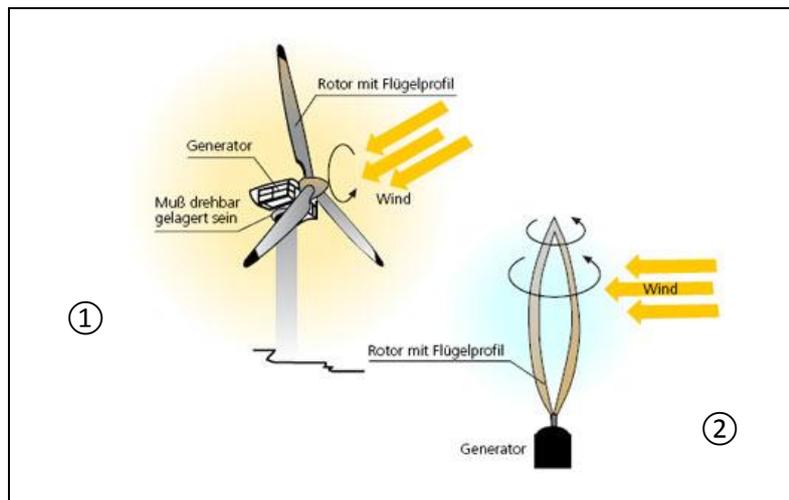


Abb. 2.2/1: Die WEA mit horizontaler Rotationsachse ① haben sich gegenüber denen mit vertikaler Rotationsachse ② durchgesetzt (Quelle: Autonome Provinz Bozen-Südtirol)

Eine WEA besteht im Wesentlichen aus einem Rotor mit Nabe (13) und Rotorblättern (11) sowie einer Maschinengondel (6), in der sich der Generator (7) mit oder ohne Getriebe (10) befindet. Die Gondel ist drehbar auf einem Turm (3) gelagert. Die verschiedenen möglichen Turmvarianten (Stahlurm, Betonturm, Gittermast oder aus entsprechenden Kombinationen) sind auf einem entsprechenden Fundament (1) gegründet. Weitere Komponenten sind die Überwachungs-, Regel-, Steuerungssysteme und Messinstrumente (8) sowie die Netzanschlusstechnik (2).

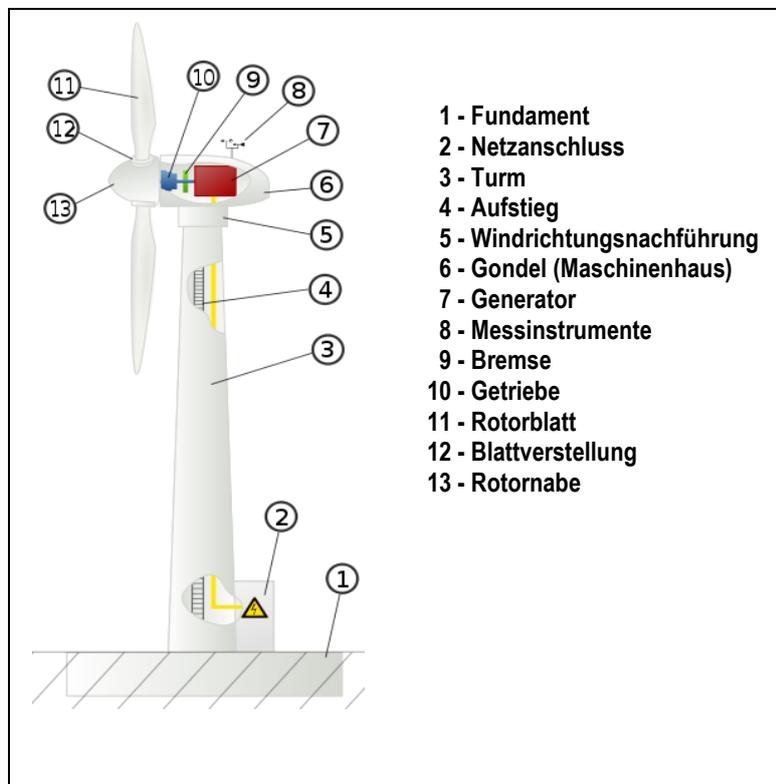


Abb. 2.2/2: Aufbau einer Windenergieanlage (Quelle: VDE)



Abb. 2.2/3: Gittermast (Quelle: Conferdo GmbH & Co.KG)

Zum Optimieren der Drehzahl ist ggf. der Anstellwinkel der Rotorblätter (11) über die Blattverstellung (12), über die sogenannte Pitch-Regelung, verstellbar. Bei anderen Anlagen wird über das Rotorblattprofil sowie drehbare Blattspitzen (Stall-Regelung) die Blattbelastung reduziert und somit die Drehzahl geregelt. Bei zu großen Windgeschwindigkeiten, die über die Messinstrumente (8) festgestellt werden oder wenn die Drehzahl des Rotors unter einen festgelegten Wert sinkt, wird über eine Steuerung die Bremse (9) aktiviert und der Rotor bis zum Stillstand abgebremst.

Zum Ausrichten der Gondel, um den Rotor in den Wind zu stellen, sind die WEA mit einer Windrichtungsnachführung (5) ausgerüstet. Hierzu wird durch Messinstrumente (8) die Windrichtung festgestellt und über die Regel- und Steuersysteme werden die Stellmotoren zum Ausrichten betätigt. Je nach Ausführung des Turms/Mastes sind diese von innen oder außen begehbar, um z. B. über einen Aufstieg (4) in die Gondel (6) zu gelangen. Entsprechend hohe WEA sind teilweise mit einem Aufzug ausgerüstet.

Über den Maschinenstrang Rotor – Getriebe – Generator wird die mechanische Energie des Windes in elektrische Energie umgewandelt. Als Generatorvarianten kommen grundsätzlich Asynchron- sowie Synchrongeneratoren in verschiedensten technischen Ausführungen zum Einsatz. Bei WEA mit Synchrongenerator (Ringgenerator) ist der Maschinenstrang ohne Getriebe ausgeführt.

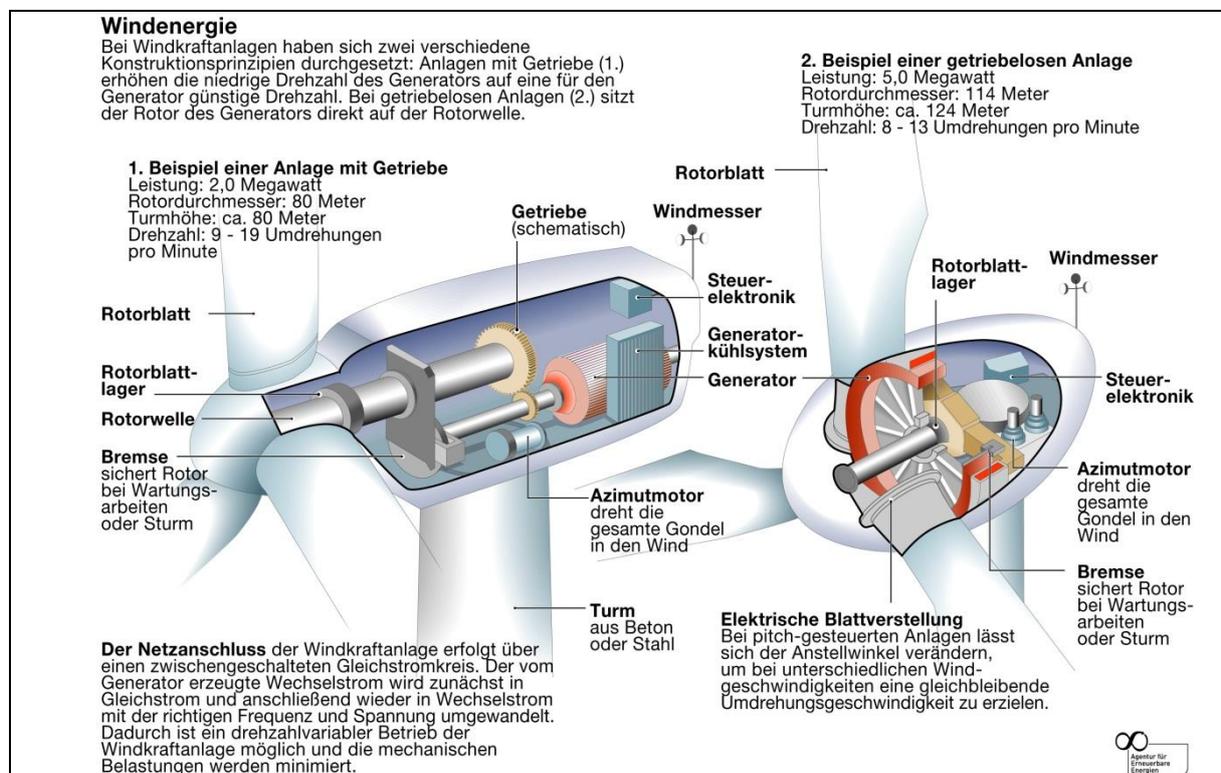


Abb. 2.2/4: Konstruktionsprinzipien Windenergieanlagen (Quelle: Agentur Erneuerbare Energien)

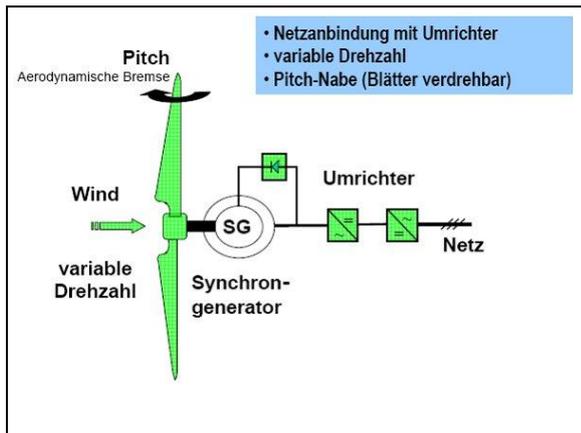


Abb. 2.2/5: Konzept der Stromerzeugung mit einem Synchrongenerator: Der vom Generator erzeugte Wechselstrom wird gleichgerichtet, wobei die Zwischenkreisspannung zwischen 600 bis 700 Volt liegt. Anschließend wird über einen Stromrichter aus dem Gleichstrom ein kontinuierlicher Wechselstrom mit 50 Hertz erzeugt. Danach wird die frequenzangepasste Wechselspannung durch einen Transformator auf Hochspannung (10 bis 30 kV) gebracht und über den Netzanschluss zur Verfügung gestellt. (Quelle: Bundesverband WindEnergie e.V)

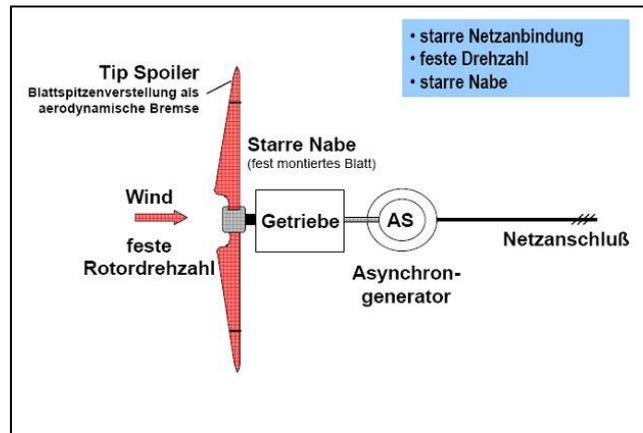


Abb. 2.2/6: Konzept der Stromerzeugung mit einem Asynchrongenerator: Die vom Generator erzeugte frequenzangepasste Wechselspannung wird durch einen Transformator auf entsprechende Hochspannung gebracht und über den Netzanschluss zur Verfügung gestellt. Die Transformatoren der WEA können an verschiedenen Stellen der Anlagen installiert sein. Neben der Installation in der Gondel sowie im Turmfuß sind sie vorwiegend separat neben den WEA in Häuschen oder Containern untergebracht. (Quelle: Bundesverband WindEnergie e.V)

Der anhaltende technische Fortschritt hat zur Effizienzsteigerung der WEA geführt. Hierbei spielt auch die Ausnutzung der Windgeschwindigkeit als Einflussgröße auf die Leistung der WEA eine besondere Rolle. Aufgrund der größeren Windgeschwindigkeit in entsprechenden Höhenlagen ist eine zunehmende Bauhöhe der WEA zu beobachten.

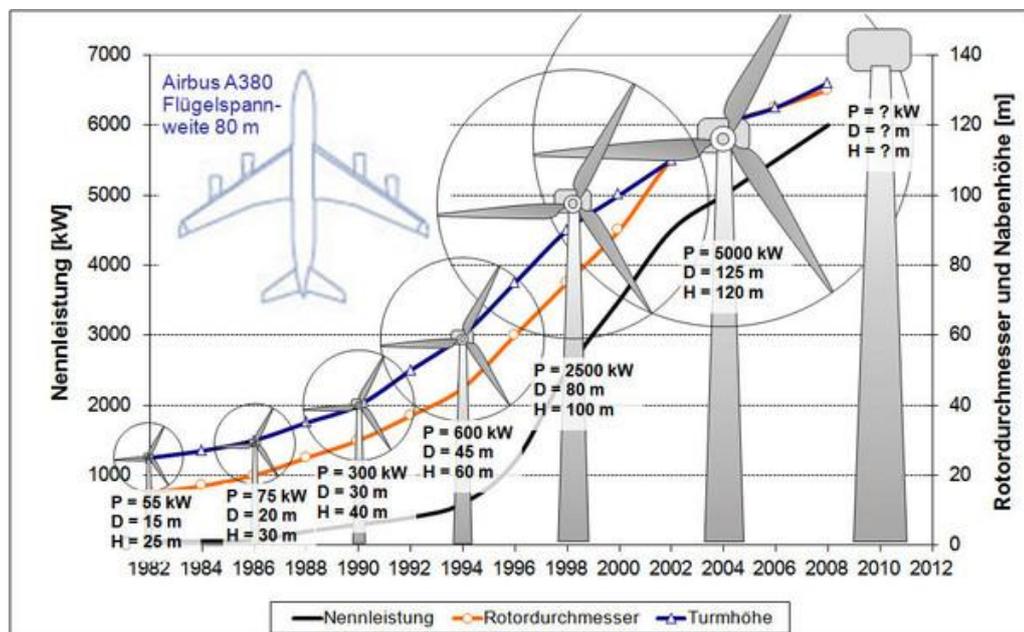


Abb. 2.2/7: Entwicklung der Anlagengröße und Nennleistung von in Serie gebauten WEA (Quelle: SKI Ingenieurgesellschaft)

Moderne WEA sind an ein Ferndiagnosenetz angeschlossen, das alle Werte und Betriebszustände sowie eventuelle Störungen an eine Zentrale übermittelt. Diese koordiniert alle notwendigen Wartungs- und Reparaturarbeiten. In speziellen Internetangeboten stehen z. B. der Zentrale oder auch den Eigentümern die wichtigsten Parameter der WEA zur Verfügung.

2.3 Einsatzvorbereitung

Kommt es zu einem Einsatz an einer WEA, stehen die alarmierten Kräfte und Mittel von Feuerwehr, Hilfsorganisationen und Polizei schon bei der Anfahrt vor den ersten Problemen. Schnell muss geklärt werden, welche WEA betroffen ist und welcher geeignete Anfahrtsweg zum Einsatzort führt. Die Feuerwehren verfügen üblicherweise wegen ihrer gegenüber den anderen Hilfsorganisationen und der Polizei großen Anzahl und relativ hohen Dichte in der Fläche über gut ausgeprägte Orts- und Flurkenntnisse. Dieser Vorteil muss durch Feuerwehren mit WEA in ihren Zuständigkeitsbereichen gezielt genutzt und den Regionalleitstellen zugänglich gemacht werden.

Die Feuerwehren müssen sich mit den Anfahrtswegen sowie den Örtlichkeiten und den Besonderheiten der WEA, ggf. mit Unterstützung der Betreiber, in ihrem Einsatzgebiet auseinandersetzen. Hierzu bieten sich (Einsatz-)Übungen für eine optimale Vorbereitung an. Die Vorteile liegen auf der Hand:

- ausgiebige Objekt- und Lagekunde,
- Ermittlung des Personalbedarfs zum effektiven Absperrern,
- Feststellung, in welchem Umfang Infrastruktur und Gebäude von Absperrmaßnahmen betroffen sein können,
- Überprüfung der Meldewege von der Einsatzstelle über die Leitstelle zum WEA-Betreiber,
- Feststellung der optimalen Anfahrtswege und Löschwasserressourcen.

Zweckmäßig ist es, bereits in der Bauplanungsphase von WEA tätig zu werden. So können bereits in dieser Phase am einfachsten einvernehmliche Lösungen mit dem Betreiber erzielt werden. Beispielsweise kann die Forderung nach einem Feuerwehrplan gemäß DIN 14095 als Grundlage für einen Feuerwehreinsatzplan sinnvoll sein. Zuständigkeiten und die Erreichbarkeit von Verantwortlichen sowie Bedürfnisse und Anforderungen der Feuerwehren lassen sich sinnvoll darstellen.

Zur Beseitigung von Informationsdefiziten wurde 2001 das Projekt „Windenergieanlagen-Notfall-Informationssystem (WEA-NIS)“ initiiert. Ziel dieses Projekts ist es, über ein einheitliches und zentrales WEA-Register Notfallinformationen im Zusammenhang mit einer WEA abrufbar zu machen. Mit Stand 2008 waren ca. 7000 WEA in WEA-NIS eingepflegt. Die aufgenommenen WEA können durch eine individuelle Kennzeichnung mit einer einmaligen Ziffern- und Buchstabenkombination verwechslungsfrei zugeordnet werden. Die Kennzeichnung befindet sich in einer Höhe von 1,5 bis 2,5 m am Turmfuß.

Die Leitstellen sind mit dieser Kennzeichnung in der Lage, passwortgeschützt über www.wea-nis.de Lagepläne mit einsatzrelevanten Informationen zu den WEA abzurufen.



Abb. 2.3/1: Kennzeichnung einer WEA

Beispiel für durch die Regionalleitstelle über die Kennzeichnung der WEA aufgerufene Daten aus dem Notfall-Informationssystem WEA-NIS:

Abb. 2.3/2: Notfall-Informationssystem WEA-NIS (Quelle: www.wea-nis.de)

2.4 Einsatzmaßnahmen bei möglichen Szenarien

2.4.1 Brand von WEA

Die Gondel mit Generator, Getriebe, Bremsen, Schaltschränken, Umrichtern und Transformatoren stellt ein besonders hohes Brandrisiko dar. Häufige Brandursachen sind Lagerschäden oder heiß laufende Bremsen sowie Defekte an den elektrischen Anlagen und in Schaltschränken. Ebenso können Blitzeinschläge die Ursache für Brände in den WEA sein.

Ist erst einmal ein Brand entstanden, dann ist seine Ausbreitung durch das Vorhandensein von hinreichend brennbarem Material in Form von elektrischen Bauteilen, Kabeln, Transformatoren, Kunststoffverkleidungen und -bauteilen, Schläuchen, auslaufendem Hydraulik- und Getriebeöl oder auch alkoholhaltiger Kühlflüssigkeit begünstigt.

„Die Feuerwehr hat mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln keine Möglichkeit einen Brand bei WEA im Bereich der Gondel oder des Rotors zu bekämpfen. Die Drehleiter der Feuerwehr erreicht nicht die notwendige Höhe. Von außen ist eine brennende Gondel daher nicht zu erreichen. Der Weg zur Gondel über Leiter oder Aufzug einer brennenden Anlage ist auch für Feuerwehrangehörige lebensgefährlich und daher nicht möglich. Selbst im Umfeld der Anlage am Boden sind die Feuerwehrleute der Gefahr herabfallender Teile ausgesetzt. Da immer häufiger auch Transformatoren in die Gondel integriert werden, haben Einsatzkräfte auf hochspannungsführende Leitungen zu achten. Bei bisher aufgetretenen Bränden war der Einsatz der Feuerwehr auf die Absicherung des Brandortes und der Verhinderung von Folgeschäden auf dem Boden oder an benachbarten Einrichtungen beschränkt.“ Zitat aus: VdS 3523:2008-07 Windenergieanlagen; 3.3.6 Stark eingeschränkte Zugänglichkeit für die Brandbekämpfung

Kommt es im oberen Teil einer WEA (z.B. in der Gondel) zu einem Brand, so sind die Möglichkeiten der Brandbekämpfung für die Feuerwehr mit zunehmender Höhe der WEA sehr beschränkt. Aufgrund der Anlagenhöhe erreichen die Hubrettungsfahrzeuge keinen entsprechend effizienten Arbeitsbereich. Hinzu kommen die möglichen Probleme durch ggf. nicht ausreichenden Löschwasserdruck und Standort des Hubrettungsfahrzeuges außerhalb des Trümmerschattens.

Eine Brandbekämpfung als Innenangriff durch Aufstieg der Löschrupps über den Turm zum Brandherd ist aus folgenden Gründen nicht möglich:

- abtropfendes brennendes Material,
- lange Aufstiegszeit, (Sie kann in Abhängigkeit der Anlagenhöhe sowie der Aufstiegsmöglichkeiten 60 Minuten betragen.)
- extreme physische Belastung durch den Aufstieg und entsprechende Temperaturen in der Anlage,
- für das Vorgehen in Höhen und Tiefen größer als 30 m ist eine spezielle Ausbildung erforderlich (Höhenrettung).

Die Maßnahmen der Feuerwehr beschränken sich auf die Verteidigung des Umfeldes, während das Abbrennen/Ausbrennen hingenommen werden muss. Weil mit herabfallenden Teilen zu rechnen ist, muss besonders auf das Absperren des Gefahrenbereichs in einem Radius von mindestens 500 Metern geachtet werden. Bei entsprechend markantem Wind ist in Windrichtung das Doppelte einzuplanen. Auch kann durch die Brandeinwirkung und die daraus resultierenden Temperaturen die Standsicherheit der Turmkonstruktion gefährdet sein; es kann zum Einsturz bzw. zum Fallen des Turms kommen. Die evtl. notwendigen Löscharbeiten beschränken sich auf das Umfeld der WEA, ohne den Gefahrenbereich zu betreten.



Abb. 2.4.1/1: Brand in der Gondel einer WEA (Quelle: Pressemappe-Polizeiinspektion Stade)

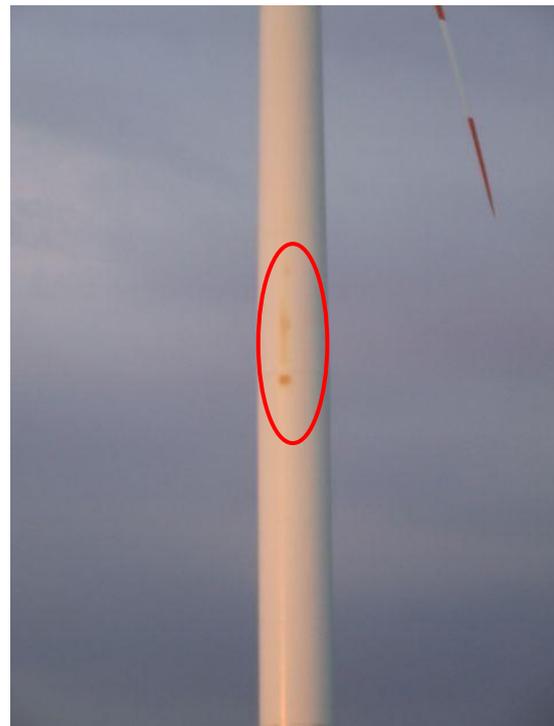


Abb. 2.4.1/2: Verfärbung durch den Brand an der Außenseite des Turms (Quelle: Feuerwehr Leopoldshöhe)

Bei einem Brand im Innenbereich des Turmfußes ist die Brandbekämpfung nur bedingt möglich. Das Öffnen der Zugangstüren am Turmfuß ist nur im Einvernehmen mit dem WEA-Verantwortlichen durchzuführen. Hierbei ist zu erwähnen, dass es teilweise problematisch ist, diese Türen zu öffnen. Der Verschluss durch Vorhängeschlösser stellt für die Feuerwehr die unproblematischste Variante dar.



Abb. 2.4.1/3: Türsicherung mit Vorhängeschloss



Abb. 2.4.1/4: Türsicherung mit Zylinderschloss

Entsprechend der DIN VDE 0132 dürfen unter Spannung stehende Anlagenteile in abgeschlossenen Betriebsräumen nur im Einvernehmen mit dem Anlagenverantwortlichen mit Wasser angespritzt werden. Bei Löscharbeiten sind die Richtwerte aus der DIN VDE 0132 hinsichtlich Sicherheitsabstand sowie weitere Hinweise zu beachten.

Löschschaum darf nur in spannungsfreien Anlagen eingesetzt werden. Die Anwendung des Löschmittels Kohlenstoffdioxid ist in unter Spannung stehenden Anlagen unbedenklich. Eine weitere Möglichkeit der Brandbekämpfung ist das Abdichten der Belüftungsöffnungen sowie der Tür im Bereich des Turmfußes. Mit dieser Maßnahme kann die für die Verbrennung notwendige Sauerstoffzufuhr unterbunden werden.



Abb. 2.4.1/5: Abdichtung der Zugangstür einer WEA mit Folie und Klebeband (Quelle: Feuerwehr Leopoldshöhe)

In WEA gibt es an verschiedenen Stellen Not-Stopp-Schalter. Die Not-Stopp-Schalter können sich an folgenden Stellen befinden:

- an Front- und Rückseite des Schaltschranks im Turmfuß,
- am Einstieg zur Gondel (Maschinenhaus),
- im Bereich des Getriebes,
- am Schaltschrank in der Gondel (Maschinenhaus).

Sie dienen bei Gefahr zum schnellstmöglichen Stillsetzen der WEA und sollten im Vorfeld durch eine Begehung erkundet werden. Durch die Betätigung des Not-Stopp-Schalters wird eine Notbremsung ausgelöst, d.h. der Rotor kommt zum Stillstand, der Generator wird vom Netz getrennt und der Hauptschalter fällt in Stellung AUS.

Ggf. kann auch durch das Ausschalten des Stromkreises durch den Netzbetreiber der Anlage die Netzspannung entzogen werden, wodurch die WEA in den Not-Stopp-Modus fällt. Ein Stillstand des Generators, erkennbar am Stillstand des Rotors, bedeutet nicht, dass die WEA spannungsfrei ist. Die WEA haben für verschiedene Komponenten, auch im Stand-by-Betrieb, einen gewissen Eigenbedarf an elektrischer Energie. In modernen WEA werden durch die Anlagensteuerung bei entsprechenden Störfällen der Rotor und somit auch der Generator gebremst und zum Stillstand gebracht. Aber nicht jeder Störfall führt zum Abschalten der elektrischen Komponenten.

Im Zusammenhang mit WEA müssen evtl. auch die Gefahren, die von PCB-haltigen Betriebsmitteln ausgehen können, beurteilt werden (PCB = Abkürzung für „Polychlorierte Biphenyle“). Hinweise auf PCB-haltige Betriebsstoffe geben Informationen der Betreiber oder auch Warnschilder **PCB** an entsprechenden Anlagenteilen. Bei Brandeinwirkung können sich aus PCB giftige Zersetzungsprodukte (Dibenzodioxin- und Dibenzofuran-Verbindungen) bilden. Die Entstehung der Zersetzungsprodukte kann durch einen Löschangriff ggf. durch Kühlung der PCB-haltigen Betriebsmittel vermieden werden.

PCB sind als gesundheitsschädlich und umweltgefährdend eingestuft und müssen, wenn sie ausgelaufen, aufgefangen bzw. aufgenommen worden sind, als Sondermüll entsorgt werden. Waren beim Brand PCB-haltige Betriebsmittel beteiligt, ist die Brandstelle zu sperren und zu sichern. Schutzkleidung und Geräte, die im Einsatz waren, sind an einem Sammelplatz zu lagern. Weitere Maßnahmen sind abhängig vom Ergebnis der Kontaminationsprüfung zu ergreifen.

Lageerkundung:

- Ort (Fuß, Turm oder Gondel), also die Höhenlage des Brandes in der WEA feststellen
- feststellen, ob die Anlage spannungsfrei ist
 - Stillstehen des Rotors (WEA spannungsfrei?)
 - Nachfrage beim Betreiber,
- feststellen, ob Anlagenteile sowie Brandgut u. a. herabfallen oder die Anlage einstürzen kann
- Befinden sich (auch temporär) Personen im Gefahrenbereich?

Lagebeurteilung:

Gefahren an der Einsatzstelle									
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	Gefahren für ↓	A	A	A	A	C	E	E	E
<i>Welche Gefahren müssen bekämpft werden?</i>									
Menschen	X		X		X			X	X
Tiere	X		X		X			X	X
Umwelt			X		X				
Sachwerte			X		X				X
<i>Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?</i>									
Mannschaft	X				X			X	X
Einsatzmittel					X				X

Atemgifte: In WEA sind Kunststoffe verbaut sowie Öle, Fette und ggf. Kühlflüssigkeiten in den Anlagenteilen enthalten, die im Brandfall große Mengen Atemgifte freisetzen.

Ausbreitung: In der WEA sind durch die verbauten/integrierten Materialien sehr schnell und intensiv möglich; auch durch Funkenflug sowie brennend herabfallende Bauteile für angrenzendes Umfeld gegeben.

Chemische Stoffe: Sie sind u.U. vorhanden in Form von PCB, die durch Brandeinwirkung giftige Zersetzungsprodukte bilden.

Elektrizität: Sie ist in fast jedem WEA-Bereich durch Niederspannung und Hochspannung gegeben, wenn die WEA nicht spannungsfrei geschaltet ist.

Einsturz: Je nach Lage des Brandherdes ist das Herabfallen von Bauteilen und Brandgut im Turm oder außerhalb der WEA oder der komplette Einsturz möglich.

Taktische Hinweise:

- Gefahrenbereich großräumig (mind. 500 m, u.U. das Doppelte) sichern und nicht betreten, Trümmerschatten beachten
- ggf. notwendige Brandbekämpfung im Umfeld der WEA nur von außerhalb des Gefahrenbereichs durchführen
- ggf. angrenzende Siedlungen o.ä. vor Atemgifte warnen
- über Anlagen- oder Netzbetreiber WEA spannungsfrei schalten lassen
- bei Löscharbeiten in unter Spannung stehenden Anlagen DIN VDE 0132 beachten
- bei Bränden oberhalb des Turmfußes die WEA nicht betreten

Brandschutzsysteme für Windenergieanlagen WEA

Untersuchungen von Versicherungsgesellschaften zeigen, dass die Häufigkeit von Bränden an WEA alarmierend zunimmt. Angesichts hoher Investitionen sowie oft schwieriger Erreichbarkeit sind Brandschutzsysteme Voraussetzungen für die Versicherungsfähigkeit. Diese Systeme ermöglichen die Minimierung von Schäden und Betriebsunterbrechungszeiten.

Brandschutzsysteme sind auf die technischen Gegebenheiten der WEA abgestimmt, wobei der in Abstimmung des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungsgesellschaft e.V. (GDV) sowie des Germanischen Lloyd (GL) als Zertifizierungsstelle für WEA und der betreffenden Industrie der WEA-Branche erarbeitete Leitfaden der VdS-Schadensverhütung (VdS 3523:2008-07) die wichtigsten Anforderungen zur Entwicklung, Zertifizierung, Installation und zum Betrieb dieser Systeme vorgibt. Ein Brandschutzsystem, das einen Brand im frühesten Stadium entdeckt und bekämpft, beruht auf einer Brandmeldeanlage sowie einem speziell angepassten Löschanlage, welche vollautomatisch im Zusammenspiel mit z. B. audiovisuellen Überwachungskomponenten arbeiten.

Beispiel eines Brandschutzsystems als modulares System mit Feuermelde-, Gaslös- und Feinsprühetechnik

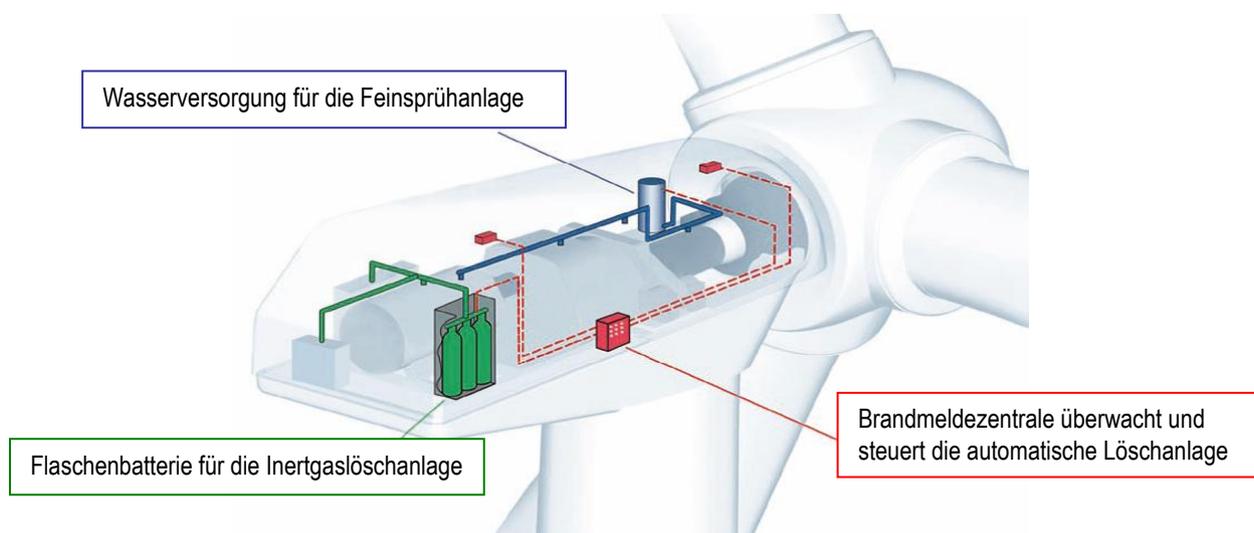


Abb. 2.4.1/6: Anordnung der Technik im Maschinenhaus (Quelle: BrandschutzSpezial Feuerlöschanlagen- 2008)

Ein hochsensibles System (Brandgas-, Rauch- oder Wärmemelder) detektiert ein Feuer bereits in seiner Entstehungsphase. Bei Erkennung eines Brandes wird eine sofortige Abschaltung der WEA eingeleitet, wobei gleichzeitig die Warnung und Weitermeldung an eine externe Leitstelle erfolgen. Erkennt das System einen Brand im Bereich eines Schaltschranks, wird über die Brandmeldezentrale (BMZ) automatisch die Gaslöschanlage angesteuert. Für den Schutz brandkritischer mechanischer Komponenten, wie Getriebe, Lager, Bremsen und Hydraulikaggregate, ist das gezielte Löschen mit Wasser (Feinsprühtechnik) vorgesehen.

2.4.2 Brand im Umfeld von WEA

Windenergieanlagen sind nicht selten abseits bewohnter Gebiete errichtet und in die vorhandene Vegetation eingegliedert. Das Umfeld (z. B. Vegetation, Zuwege und Einfriedung) einer WEA wird u. U. gepflegt und gewartet.

Im Umfeld kann es auch zu nicht durch die WEA verursachten Bränden kommen. Die Brandbekämpfung in diesem Bereich wird wie bei Wald-, Heide- und sonstigen Bränden üblich durchgeführt. Im Bereich der ggf. außerhalb der WEA befindlichen Transformatoren und anderer elektrischer Anlagen ist die Brandbekämpfung entsprechend den Gefahrenhinweisen und Einsatzbeschränkungen der VDE 0132 - Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen - vorzunehmen. Es ist notwendig, die betroffenen Betreiber zu informieren und sich mit diesen über notwendige Maßnahmen (z.B. Abschalten der Anlage usw.) zu verständigen bzw. abzustimmen.



Abb. 2.4.2/1: WEA mit außenanliegendem Transformator

Lageerkundung:

- Der Umfang des Brandes ist festzustellen
- Sind WEA und u.U. der Transformator gefährdet?
- Ist die Außerbetriebnahme der WEA oder ggf. das Trennen des Transformators vom Netz notwendig?

Lagebeurteilung:

Gefahren an der Einsatzstelle									
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	A	A	A	A	C	E	E	E	E
Gefahren für ↓	<i>Welche Gefahren müssen bekämpft werden?</i>								
Menschen	X		X					X	
Tiere	X		X					X	
Umwelt			X						
Sachwerte			X						
	<i>Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?</i>								
Mannschaft	X							X	
Einsatzmittel									

- Atemgifte:** Verbrennungsprodukte sind grundsätzlich Atemgifte.
- Ausbreitung:** Die Brandausbreitung auf das Umfeld und ggf. auch auf die WEA und das Trafogebäude ist möglich.
- Elektrizität:** Die vorhandenen elektrischen Anlagen stellen grundsätzlich eine Gefahr dar.

Taktische Hinweise:

- Ausbreitung auf die WEA und den evtl. außerhalb befindlichen Transformator verhindern
- elektrische Anlagen nicht direkt anspritzen, Sicherheitsabstand einhalten
- Anlagen- und/oder Netzbetreiber informieren und weitere notwendige Maßnahmen (ggf. Not-Stopp der WEA) abstimmen

2.4.3 Technische Unfälle/Unregelmäßigkeiten an WEA

Trotz hohen technischen Standards und entgegen mancher Behauptung kommt es immer wieder zu Unfällen und Schäden an WEA, die manchmal sogar den Totalverlust der Anlage nach sich ziehen. Sie sind auf die Überlastung von Anlagenteilen zurückzuführen. So kommt es zu Schäden durch Materialfehler, Materialermüdung, Bau- und Konstruktionsfehler, durch technische Defekte in den mechanischen und elektrischen Komponenten der Anlage sowie durch für die Anlage zu starken Wind. Ein sehr großes Gefahrenpotenzial für das Umfeld der WEA stellen herumfliegende Rotorteile, abstürzende Rotorköpfe und Gondeln oder der Einsturz bzw. das Umfallen sowie das Abknicken des Turms der WEA dar. Der momentane Rekord der Abwurfweite umherfliegender Teile soll bei 460 m liegen (Quelle: Interessengemeinschaft zur Erhaltung der Notte-Niederung e.V.)



Abb. 2.4.3/1: WEA umgefallen (Quelle: www.science-skeptical.de)



Abb. 2.4.3/2: Rotorblätter abgerissen (Quelle: www.bueerger-fuer-eggebek.de)



Abb. 2.4.3/3: umgeknickte WEA (Quelle: www.bueerger-fueer-eggebek.de)

Lageerkundung:

- Welcher Defekt bzw. welche Unregelmäßigkeit liegt vor? Das können z.B. sein:
 - zu schnell drehender Rotor/zu starker Wind
 - beschädigte bzw. sich ablösende Anlagenteile
 - wankender/knickender Turm bzw. Schäden am Fundament sind erkennbar
- Ist der WEA-Betreiber informiert bzw. ggf. vor Ort?
- Wurde die WEA zum Stillstand gebracht und ggf. spannungsfrei geschaltet?

Lagebeurteilung:

Gefahren an der Einsatzstelle									
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	A	A	A	A	C	E	E	E	E
Gefahren für ↓	<i>Welche Gefahren müssen bekämpft werden?</i>								
Menschen						X		X	X
Tiere						X		X	X
Umwelt			X						
Sachwerte			X						
	<i>Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?</i>								
Mannschaft						X		X	X
Einsatzmittel									X

Ausbreitung: Herabfallende, wegfliegende bzw. weggeschleuderte Anlagenteile sowie umfallende WEA können andere Bauten beschädigen bzw. zum Einsturz/Umsturz bringen.

Erkrankung/Verletzung: Unkontrolliert fallende Anlagen bzw. Anlagenteile sind möglich.

Einsturz: Je nach Situation können Anlagenteile herabfallen, wegfliegen sowie weggeschleudert werden oder die WEA ein- bzw. umstürzen.

Elektrizität: Elektrische Anlagen stellen grundsätzlich eine Gefahr dar.

Taktische Hinweise:

- Den Gefahrenbereich großräumig (mind. 500 m, in markanter Windrichtung das Doppelte) sichern und nicht betreten, Trümmerschatten (auch der angrenzenden Bauten) ist zu beachten.
- Ein- und umgestürzte WEA stehen u. U. noch unter Spannung (entsprechende Sicherheitsabstände beachten).

2.4.4 Eiswurf/Eisfall an WEA

Bei kalter und zugleich feuchter Witterung kann eine WEA vereisen. Die Wahrscheinlichkeit nimmt mit der Bauhöhe zu und ist außerdem vom Betrieb der Anlage abhängig. Ist eine WEA vereist, sind entsprechende Erscheinungen meist auch an anderen Bauwerken festzustellen. Dann besteht die Gefahr des Eisfalls bzw. Eiswurfs.

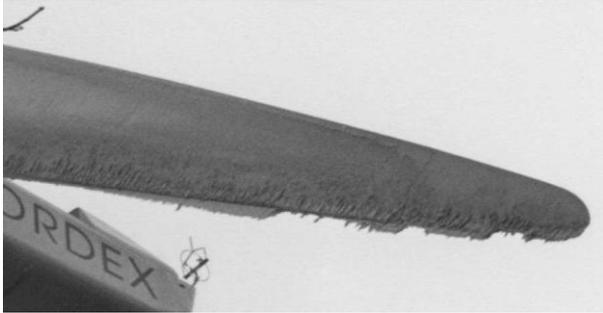


Abb. 2.4.4/1: Eisansatz bei nebligem Wetter
(Quelle: www.conrad.de/windgeneratoren)

WEA werden aus diversen Gründen (Geräuschemission, Lichtreflexionen) so weit entfernt von Ansiedlungen o. ä. errichtet, dass Eisfall und Eiswurf für diese kein Problem darstellen sollten. WEA sind u. U. aus infrastrukturellen Gründen dicht an Wegen sowie öffentlichen Straßen aufgestellt. Dadurch besteht durch Eiswurf/Eisfall eine Gefahr für Passanten und Verkehr. Entsprechend können Warnungen an WEA auf diese Gefahr hinweisen. Die Warnhinweise sind aus Gründen fehlender Normung in der Ausführung, im Inhalt und in der Funktionalität sehr unterschiedlich.



Abb.: 2.4.4./2a-d): Warningschilder

Beim Auftreten von Vereisungen werden von den Betreibern der WEA verschiedene Strategien realisiert:

- WEA bleibt in Betrieb ohne spezielle Ausrüstung oder Aktion,
- WEA bleibt in Betrieb mit aktiviertem „de-icing“- oder „anti-icing“-System,
- WEA wird gestoppt.

Bleibt die WEA bei Vereisung in Betrieb, besteht die Gefahr des Eiswurfs. Dabei werden verschieden große Eisstücke von der Anlage weggeschleudert. Das Institut für Windenergie Hochschule Bremerhaven hat als Empfehlung eine vereinfachte Formel ① zur Feststellung der zu erwartenden maximalen Wurfweite herausgegeben.

Ist die WEA gestoppt, so kann es zum Eisfall mit entsprechenden Fallweiten kommen. Die Weiten werden u.a. durch die Windgeschwindigkeit und durch die Flugeigenschaften der Eisgebilde bestimmt. Das Institut für Windenergie Hochschule Bremerhaven empfiehlt hier eine vereinfachte Formel ② zur Berechnung der Fallweite.

①	②	Legende: d = maximale Wurfweite/ Fallweite in m v = Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe in m/s D = Rotordurchmesser in m H = Nabenhöhe in m
$d = (D + H) * 1,5$	$d = v \frac{D/2 + H}{15}$	

Abb. 2.4.4./3: Formel zur Feststellung der zu erwartenden maximalen Wurfweite (Quelle: <http://www.fk-wind.de>)

Ein Mindestabstand von 500 m, bei markantem Wind in entsprechender Richtung den doppelten Abstand, wird als Sicherheitsabstand zur WEA beiden Situationen (Eisfall und Eiswurf) gerechnet.

Lageerkundung:

- Dreht sich der Rotor der WEA?
- Befinden sich (auch temporär) Personen im anzunehmenden Gefahrenbereich?

Lagebeurteilung:

Gefahren an der Einsatzstelle									
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
Gefahren für ↓	A	A	A	A	C	E	E	E	E
<i>Welche Gefahren müssen bekämpft werden?</i>									
Menschen						X			X
Tiere						X			X
Umwelt									
Sachwerte									
Mannschaft						X			X
Einsatzmittel									X

Erkrankung/Verletzung: Personen können durch Eisstücke getroffen und verletzt werden.

Einsturz: Zu jeder Zeit ist mit dem Herabfallen/Abwurf von Eisstücken verschiedener Größen zu rechnen.

Taktische Hinweise:

- Sicherheitsabstand beachten, Gefahrenbereich großräumig sichern
- Weitere Maßnahmen mit dem WEA-Betreiber abstimmen

2.4.5 Menschenrettung aus WEA

WEA werden regelmäßig durch Mechaniker gewartet. Für Wartungsarbeiten in der Gondel muss das Wartungspersonal als Zugang Leitern, Treppen oder Aufzüge des Turms nutzen. Für den Fall, dass der Zugangsweg nicht als Rückweg genutzt werden kann, ist das Wartungspersonal an Rettungsgeräten zum Abseilen aus der Anlage über die Gondel außerhalb des Turms ausgebildet. Wartungspersonal ist grundsätzlich mindestens zu zweit in der WEA tätig.

Ist dem Wartungspersonal, z. B. durch Verletzungen, Komplexität der Rettung oder Nichterreichbarkeit der Rettungsmittel, die Rettung bzw. Selbstrettung aus der WEA nicht möglich, ist die Feuerwehr gefordert. Die Feuerwehr verfügt u. U. über die personellen und technischen Ressourcen, um eine patientengerechte Rettung durchzuführen. Je nach Zustand der zu rettenden Person und der Rettungshöhe ist es ggf. nur Feuerwehren mit spezieller Ausbildung möglich, adäquate Rettungsmaßnahmen durchzuführen. Bis in Höhen und Tiefen von 30 m können Feuerwehren, die im Umgang mit den Gerätesätzen Absturzsicherung nach DIN 14800-17 und Auf- und Abseilgerät nach DIN 14800-16 ausgebildet sind, tätig werden, jedoch ohne aufwändige Varianten des Patiententransports anzuwenden. Für die Rettung aus Höhen und Tiefen über zusammenhängende Strecken größer als 30 m, u. U. mit entsprechend notwendigen komplexen Transportvarianten, ist der Einsatz von ausgebildeten Höhenrettern erforderlich.

Ggf. ist zu beachten, dass der Aufstieg bis in die Gondel der WEA nicht mit dem Zubehör (mitlaufendes Auffanggerät) der Steigschutzeinrichtung oder, wenn vorhanden, mit dem Aufzug realisiert werden kann. Aus diesem Grund ist im Vorfeld die entsprechende Notwendigkeit von speziell ausgebildeten Kräften der Feuerwehr zu klären, deren Verfügbarkeit zu prüfen, das Objekt zu begehen oder evtl. an diesem zu üben. In Abhängigkeit von der Höhe der Anlage kann der Aufstieg einer Rettungseinheit einen Zeitraum von 60 Minuten in Anspruch nehmen.



Abb. 2.4.5/1: Aufstieg über Leiter mit Steigschutzeinrichtung (Quelle: WIND ENERGY MARKET)



Abb. 2.4.5/2: Kraftbetriebene Befahreinrichtung (Quelle: ARCHITEKTEN INFORMATIONS SYSTEM)



Abb. 2.4.5/3: Kraftbetriebene Befahreinrichtung (Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit- BMU)

Lageerkundung:

- Wie viele Personen müssen gerettet werden?
- Aus welcher Höhe müssen die Personen gerettet werden?
- Welcher Art und Umfang sind ggf. die Verletzungen der zu rettenden Personen?
- Welche Zugangsmöglichkeiten zu den verletzten Personen bestehen?
- Ist die WEA abgeschaltet (angebremst und spannungsfrei geschaltet)?

Lagebeurteilung:

Gefahren an der Einsatzstelle									
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	A	A	A	A	C	E	E	E	E
Gefahren für ↓	Welche Gefahren müssen bekämpft werden?								
Menschen		X				X		X	
Tiere									
Umwelt									
Sachwerte									
Mannschaft		X				X		X	
Einsatzmittel									

Angstreaktion: Bei Personen durch das Vorgehen und Arbeiten in großen Höhen möglich.

Erkrankung/Verletzung: Personen können aus der Höhe abstürzen oder in Anlagenteile o. ä. eingeklemmt werden.

Elektrizität: Unter Spannung stehende Anlagenteile können durch dort tätige Personen berührt werden.

Taktische Hinweise:

- Keine Selbstüberschätzung; vorgehende Rettungskräfte müssen entsprechend ausgebildet sein.
- Steigschutzeinrichtungen und Befahreinrichtungen dürfen nur daran ausgebildete/eingewiesene Personen nutzen/bedienen.
- Nicht stillstehende WEA (drehende Bauteile usw.) stellen ein großes Verletzungsrisiko dar.
- In nicht spannungsfrei geschalteten WEA die Sicherheitsabstände zu unter Spannung stehenden Anlagenteilen einhalten.
- Bei entsprechendem Verletzungsmuster der zu rettenden Personen wird u. U. der Rettungsdienst vor Ort (in der jeweiligen Höhe) benötigt.
- Die WEA-Betreiber informieren und ggf. mit diesem weitere Maßnahmen abstimmen.

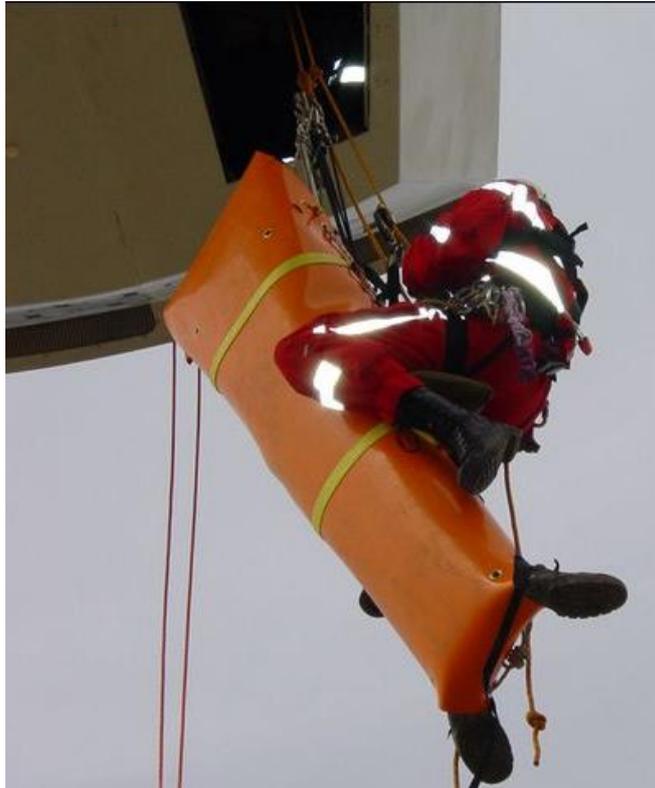


Abb. 2.4.5/4: Begleitende Personenrettung aus einer WEA über die Ausstiegsluke in der Gondel (Quelle: Gesellschaft für seilunterstütztes Arbeiten und Rettung mbH)

3 Solaranlagen

3.1 Allgemeines

Solaranlagen wandeln Sonnenenergie in andere Energieformen um. Die Nutzung von Sonnenenergie erfolgt entweder durch Gewinnung von Wärmeenergie (Solarthermie) oder durch Erzeugung von Elektroenergie (Photovoltaik). Beide Technologien erfordern großflächige Kollektoren, die meistens auf Dächern von Gebäuden installiert werden.

Es gilt die Regel, dass der Energieertrag umso höher ist, je größer die Gesamtfläche der Kollektoren ist. Auch die Dachneigung und -ausrichtung spielen eine wesentliche Rolle.

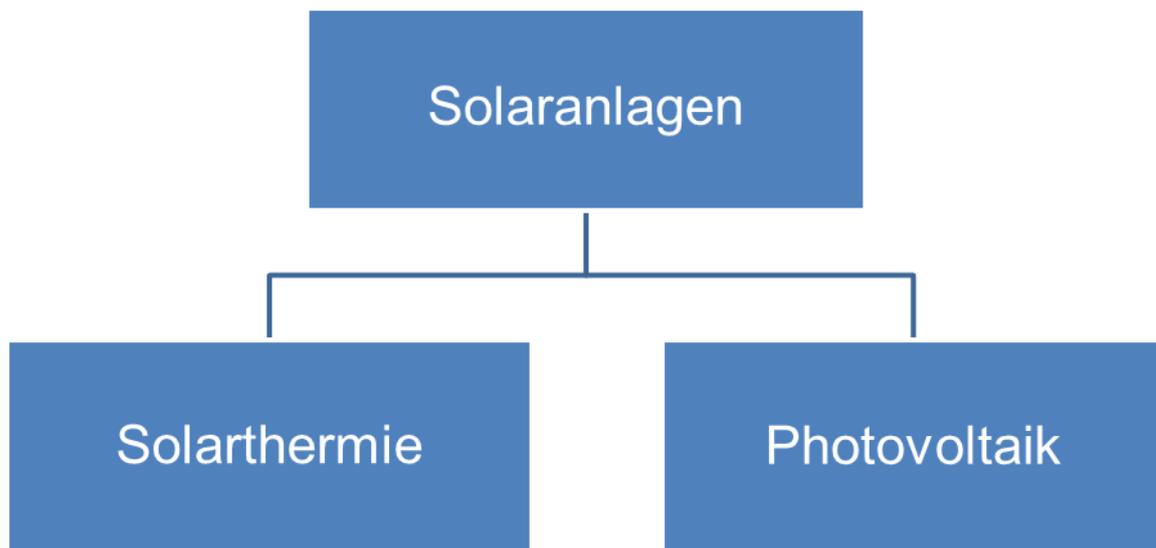


Abb. 3.1/1 Einteilung der Solaranlagen

3.2 Solarthermieranlagen

3.2.1 Aufbau und Funktionsweise

Bei der Solarthermie wird eine frostsichere Flüssigkeit („Wärmeträgerflüssigkeit“ oder auch „Solarflüssigkeit“) im Sonnenkollektor erhitzt. Mittels einer Pumpe zirkuliert sie in einem geschlossenen Kreislauf und gibt ihre Wärme im Wärmetauscher an das Trinkwasser oder zur Heizungsunterstützung an den Heizkreislauf ab. Es gibt auch Anlagen, in denen das Wasser direkt im Kollektor erhitzt wird. Solarthermieranlagen werden überwiegend in der Haustechnik eingesetzt.

Im industriellen Bereich werden Anlagen mit meist mehr als 20 m² Kollektorfläche zur Produktion von Prozesswärme im Temperaturbereich bis 100 °C oder wenig darüber, etwa zur Beschleunigung biologischer und chemischer Prozesse bei der Biomasseverarbeitung oder in der chemischen Industrie oder zur Aufheizung/Vorwärmung von Luft, betrieben.

Die Wärmeträgerflüssigkeit besteht aus einem Wasser-Propylenglykol-Gemisch, das den Gefrierpunkt des Wassers absenkt und den Siedepunkt anhebt. Somit wird bei niedrigen Temperaturen die Anlage vor Frostschäden geschützt und bei hohen Kollektortemperaturen der Übergang der Wärmeträgerflüssigkeit in einen dampfförmigen Zustand verhindert.

gen Aggregatzustand hinauszögert. Geht bei hohen Temperaturen die Wärmeträgerflüssigkeit in den Kollektoren in Dampf über, führt dies zum Anlagenstillstand; der dadurch entstehende Dampfdruck wird üblicherweise über Sicherheitsgefäße (Ausdehnungsgefäße) aufgefangen. Die heute verwendeten Mischungen sind ungiftig und chemisch relativ stabil. Propylenglykol ist in die Wassergefährdungsklasse 1 – schwach wassergefährdend – eingruppiert.

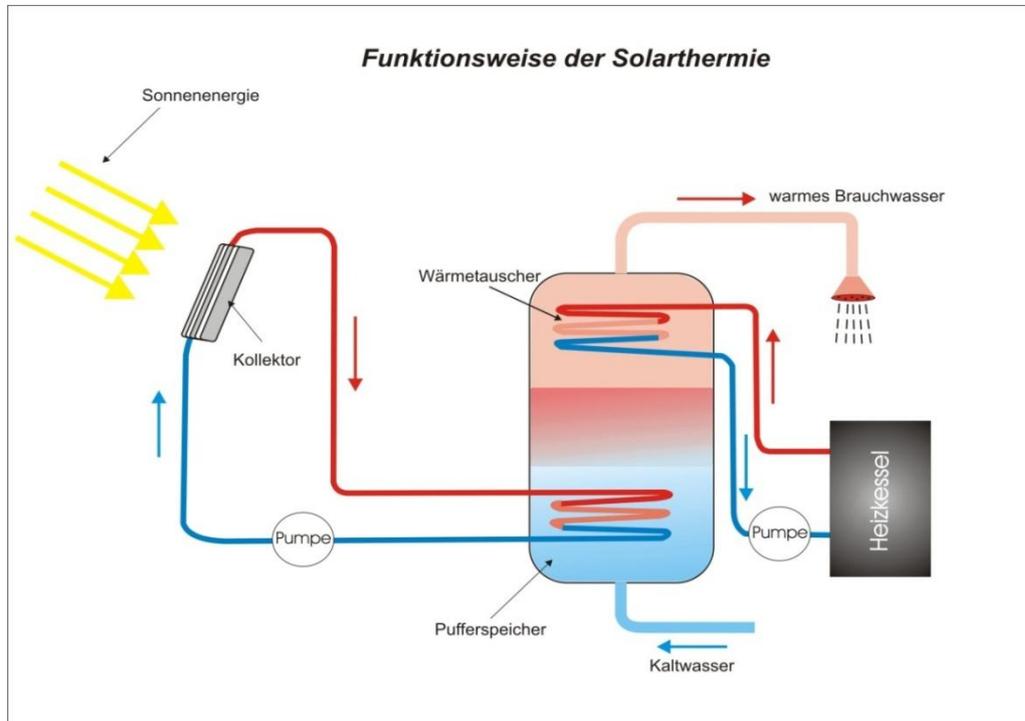


Abb.3.2.1/1: Funktionsweise der Solarthermie

Man unterscheidet bei den Kollektoren drei Bauformen: Den am häufigsten anzutreffenden Flachkollektor, der bei einer durchschnittlichen Temperatur von 80 °C arbeitet, den Vakuumröhrenkollektor und den Parabolrinnenkollektor. Es ist mit einer Masse von ca. 20 kg/m² Kollektorfläche zu rechnen.



Abb. 3.2.1/2: Flachkollektor (Quelle: www.awa-solar.de)



Abb. 3.2.1/3: Vakuumröhrenkollektor (Quelle: www.fellnergmbh.de)



Abb. 3.2.1/4: Parabolrinnenkollektor (Quelle: www.dlr.de)

Die Kollektoren werden auf vier verschiedene Arten auf oder an Gebäuden montiert:

- **Aufdachmontage:** Auf dem Dach wird eine Trägerkonstruktion montiert, die die Solarkollektoren trägt.
- **Indachmontage:** Ähnlich einem Dachflächenfenster werden die Kollektoren in das Dach eingebaut und ersetzen die Dacheindeckung, z. B. mit Dachpfannen.
- **Freiaufstellung:** Auf einem Flachdach wird eine Aufständering montiert, die die Kollektoren trägt.
- **Fassadenmontage:** An einer südlichen Hausfassade werden die Kollektoren entweder senkrecht in die Fassade integriert oder auf eine Dreieckskonstruktion montiert, um den optimalen Neigungswinkel herzustellen.

3.2.2 Einsatzvorbereitung

Da Solarthermieanlagen weit verbreitet sind und die Zahl ständig steigt, empfiehlt es sich, das Thema in allen Ortsfeuerwehren in die Aus- und Fortbildung einzubeziehen. Den Auftakt sollte eine theoretische Schulungseinheit bilden. Vielleicht kann man einen Fachmann gewinnen, z. B. von einem Fachbetrieb, der Solarthermieanlagen errichtet. So wäre auch gleich gesichert, dass Fragen beantwortet werden können.

Die Teilnehmer sollen den Aufbau und die Funktionsweise der Anlagen erläutern, sie auf Gebäuden erkennen und von Photovoltaikanlagen unterscheiden können. Jeder muss die besonderen Gefahren im Einsatz kennen, die sich aus den hohen Temperaturen der Wärmeträgerflüssigkeit und aus der Möglichkeit herabfallender Teile ergeben.

In Ergänzung der Schulung bietet es sich an, Solarthermieanlagen vor Ort zu besichtigen. Das theoretische Wissen wird dadurch gefestigt und die Einsatzkräfte verbessern ihre Ortskunde. Der Besichtigungstermin ist rechtzeitig vorher mit dem Eigentümer bzw. Betreiber der Anlage abzustimmen. Sinnvoll ist auch, eine Einsatzübung durchzuführen, die im Nachgang gründlich ausgewertet wird.

3.2.3 Einsatzhinweise

3.2.3.1 Dachstuhlbrand

Es gelten die üblichen taktischen Grundsätze für Lösch- und Rettungseinsätze. Nachfolgend werden besondere Hinweise für die Gefahrenabwehr bei Dachstuhlbränden mit vorhandener Solarthermieanlage gegeben.



Abb. 3.2.3.1/1: Dachstuhlbrand (Quelle: www.flensburg-online.de)

Lageerkundung:

- Feststellen, dass es sich zweifelsfrei um eine Solarthermieanlage handelt.
 - Eigentümer, Nutzer oder Anwohner befragen
 - auf die Bauart des Kollektors und auf eventuell sichtbare Rohrleitungsanschlüsse achten
 - wenn notwendig, zur Erkundung Hubrettungsfahrzeug oder tragbare Leiter einsetzen
 - auf Eigenschutz achten (herabfallende Teile, heiße Flüssigkeit)

Lagebeurteilung:

Welche Gefahren sind in Bezug auf die Solarthermieanlage erkannt?									
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	A	A	A	A	C	E	E	E	E
Gefahren für ↓	A	A	A	A	C	E	E	E	E
Welche Gefahren müssen bekämpft werden?									
Menschen	X		X		X				X
Tiere	X		X		X				X
Umwelt	X				X				X
Sachwerte			X						X
Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?									
Mannschaft	X				X				X
Einsatzmittel					X				X

- Atemgifte:** Einige der zur Herstellung von Kollektoren und Zuleitungen verwendeten Materialien setzen im Brandfall Atemgifte frei.
- Ausbreitung:** Die Brandausbreitung ist unter der Kollektorfläche nicht immer sofort sichtbar.
- Chemische Stoffe:** Bei Beschädigung von Kollektoren und/oder Zuleitungen wird die Wärmeträgerflüssigkeit freigesetzt.
- Es handelt sich um Wasser, dem Propylenglykol zugesetzt wurde.
 - Diese Flüssigkeit ist kein Gift, allerdings schwach wassergefährdend.
 - Bei Temperaturen von ca. 80 °C besteht Verbrühungsgefahr.
- Einsturz:** Es besteht die Gefahr des Herabfallens von Anlagenteilen nach außen (häufiger) und ins Innere des Gebäudes (vor allem bei Indachmontage).
- Die Trägerkonstruktion verliert bei höheren Temperaturen ihre Festigkeit und die Kollektoren können abstürzen.
 - Der Trümmerschatten ist wegen des sogenannten Schanzeneffektes bei Dachschrägen oft größer als die bekannte Faustregel (zwei Drittel der Gebäudehöhe).

Taktische Hinweise:

- Trümmerschatten beachten, Gefahrenbereich großräumig sichern
- tragende Teile kühlen
- wenn möglich, Hubrettungsgerät einsetzen
- Einsatzkräfte auf die Möglichkeit des Herabfallens von Teilen und auf Verbrühungsgefahr hinweisen
- im Innenangriff Einsturzgefahr beachten und gefährdete Bereiche nicht betreten; möglichst im Bereich von Wänden vorgehen
- ausgetretene Wärmeträgerflüssigkeit auffangen und der fachgerechten Entsorgung zuführen; wenn dies nicht möglich ist, mit reichlich Wasser verdünnen

3.2.3.2 Sturmschaden

Lageerkundung:

- Feststellen, dass es sich zweifelsfrei um eine Solarthermieanlage handelt.
 - Eigentümer, Nutzer oder Anwohner befragen
 - auf die Bauart des Kollektors und auf eventuell sichtbare Rohrleitungsanschlüsse achten
 - wenn notwendig zur Erkundung Hubrettungsfahrzeug oder tragbare Leiter einsetzen
 - auf Eigenschutz achten (herabfallende Teile, heiße Flüssigkeit)

Lagebeurteilung:

Welche Gefahren sind in Bezug auf die Solarthermieanlage erkannt?									
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	A	A	A	A	C	E	E	E	E
Gefahren für ↓									
<i>Welche Gefahren müssen bekämpft werden?</i>									
Menschen					X				X
Tiere					X				X
Umwelt					X				
Sachwerte									X
<i>Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?</i>									
Mannschaft					X				X
Einsatzmittel					X				X

Chemische Stoffe:

Bei Beschädigung von Kollektoren und/oder Zuleitungen wird die Wärmeträgerflüssigkeit freigesetzt.

- Es handelt sich um Wasser, dem Propylenglykol zugesetzt wurde.
- Diese Flüssigkeit ist kein Gift, allerdings schwach wassergefährdend.
- Bei Temperaturen von ca. 80 °C besteht Verbrühungsgefahr.

Einsturz:

Es besteht die Gefahr des Herabfallens von Anlagenteilen.

- Die relativ große Fläche der Kollektoren bietet dem Wind gute Angriffsmöglichkeiten.
- Gelockerte oder beschädigte Teile können sich durch den Sturm plötzlich lösen und ggf. unkontrolliert umherfliegen.
- Der Trümmerschatten ist wegen des sogenannten Schanzeneffektes bei Dachschrägen oft größer als die bekannte Faustregel (zwei Drittel der Gebäudehöhe).

Taktische Hinweise:

- Trümmerschatten beachten, Gefahrenbereich großräumig sichern, Kollektoren stets beobachten
- wenn möglich, Hubrettungsgerät einsetzen
- Einsatzkräfte auf die Möglichkeit des Herabfallens von Teilen und auf Verbrühungsgefahr hinweisen
- ausgetretene Wärmeträgerflüssigkeit auffangen und der fachgerechten Entsorgung zuführen; wenn dies nicht möglich ist, mit reichlich Wasser verdünnen

3.2.3.3 Menschenrettung (z. B. bei Suizidandrohung)

Immer wieder kommt es vor, dass Personen aus Notlagen von Dächern gerettet werden müssen. Es handelt sich dabei z. B. um Monteure, die Solaranlagen anbringen oder um Suizidanten.



Abb. 3.2.3.3/1: Personen in Notlagen von Dächern retten (Quelle: www.photovoltaikeu)



Abb. 3.2.3.3/2: Personen in Notlagen von Dächern retten (Quelle: www.br.de)

Lageerkundung:

- Feststellen, dass es sich zweifelsfrei um eine Solarthermieanlage handelt.
 - Eigentümer, Nutzer oder Anwohner befragen
 - auf die Bauart des Kollektors und auf eventuell sichtbare Rohrleitungsanschlüsse achten
 - wenn notwendig, zur Erkundung Hubrettungsfahrzeug oder tragbare Leiter einsetzen
 - auf Eigenschutz achten (herabfallende Teile, heiße Flüssigkeit)

Lagebeurteilung:

Welche Gefahren sind in Bezug auf die Solarthermieanlage erkannt?										
Gefahren durch →	Atemgift		Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
Gefahren für ↓	A	A	A	A	C	E	E	E	E	
Welche Gefahren müssen bekämpft werden?										
Menschen		X			X	X			X	
Tiere									X	
Umwelt										
Sachwerte									X	
Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?										
Mannschaft					X				X	
Einsatzmittel					X				X	

Angstreaktion: Personen, die extremem Stress ausgesetzt sind (z. B. Psychose, Höhenangst) neigen zu irrationaler Handlungsweise, wie z. B. Sprung aus größerer Höhe.

Chemische Stoffe: Bei Beschädigung von Kollektoren und/oder Zuleitungen wird die Wärmeträgerflüssigkeit freigesetzt.

- es handelt sich um Wasser, dem Propylenglykol zugesetzt wurde,
- kein Gift, schwach wassergefährdend,
- bei Temperaturen von ca. 80 °C besteht Verbrühungsgefahr

Erkrankung/Verletzung: Das Betreten von Kollektorflächen kann unter Umständen eine Beschädigung verursachen; es besteht die Gefahr von Schnittwunden und Verbrühungen.

Einsturz: Die Tragfähigkeit der Befestigungsteile wird möglicherweise überschritten; es besteht die Gefahr des Herabfallens von Anlagenteilen.

Taktische Hinweise:

- Wenn möglich sollten Hubrettungsgeräte eingesetzt werden.
- Ist das Betreten des Daches durch Einsatzkräfte erforderlich, sind Sicherungsmaßnahmen gegen Absturz zu ergreifen.

3.3 Photovoltaikanlagen

3.3.1 Aufbau und Funktionsweise

Das Prinzip klingt einfach: Sonnenstrahlung trifft auf eine Solarzelle, in der die Lichtenergie in elektrische Energie umgewandelt wird. Es fließt Strom, der entweder direkt vor Ort genutzt, in Akkumulatoren gespeichert oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird.

Es gibt verschiedene Arten von Solarzellen. Je nach Stärke der Schicht des aktiven Materials werden sie in Dickschicht- und in Dünnschichtzellen unterteilt. Zu den Dickschichtzellen zählen die sehr häufig anzutreffenden kristallinen Siliziumsolarzellen. Deren Wirkungsgrad ist wesentlich höher als beispielsweise der von amorphen (nicht kristallinen) Siliziumzellen, Kupfer-Indium-Diselenid-Zellen und Cadmium-Tellurid-Zellen, die alle zu den Dünnschichtzellen gehören. Die Masse der Module einschließlich Haltekonstruktionen variiert zwischen den Bauarten; man kann aber grundsätzlich von ca. 25 kg/m² ausgehen.

Alle Solarzellenarten haben eines gemeinsam: Sie erzeugen nur eine sehr geringe Spannung (z. B. kristalline Dickschichtzellen aus Silizium 0,6 Volt). Um höhere Spannungen zu erzielen, müssen mehrere Zellen in einem sogenannten String in Reihe geschaltet werden. Größere Stromstärken erzielt man durch das parallele Schalten mehrerer Strings. Die Kombination solcher Reihen- und Parallelschaltungen ergibt das Solarmodul. Eine Photovoltaikanlage hat fast immer mehrere Solarmodule, die oft auf Dächern zu finden sind.



Abb. 3.3.1/1: Dickschichtsolarmodule
(Quelle: www.nordcapital.com)



Abb. 3.3.1/2: Dünnschichtsolarmodule (Quelle: www.photovoltaikeu)

Wie die Solarthermiemodule können auch die Photovoltaikmodule auf verschiedene Weise montiert werden:

- **Aufdachmontage:** Die Trägerkonstruktion wird auf die vorhandene Dachaußenhaut montiert; darauf werden die Photovoltaikmodule befestigt.
- **Indachmontage:** Die Photovoltaikmodule werden entweder ähnlich wie ein Dachflächenfenster in das Dach eingebaut oder es werden spezielle Solar-Dachpfannen verwendet.
- **Freiaufstellung:** In sogenannten Solarparks werden Photovoltaikmodule auf tischartige Unterkonstruktionen montiert.
- **Fassadenmontage:** An einer südlichen Hausfassade werden die Kollektoren entweder senkrecht in die Fassade integriert oder auf eine Dreieckskonstruktion montiert, um den optimalen Neigungswinkel herzustellen.



Abb. 3.3.1/3: Aufdachmontage (Quelle: www.oekopower.com)



Abb. 3.3.1/4: Indachmontage (Quelle: www.odtec.at)



Abb. 3.3.1/5: Freiaufstellung in einem Solarpark (Quelle: www.solarenner.de)



Abb. 3.3.1/6: Solardachziegel (Quelle: www.realize-energysystems.com)



Abb. 3.3.1/7: Fassadenmontage (Quelle: www.dachdecker.com)

Solarmodule erzeugen Gleichspannung, die durch das Verschalten der Zellen bis zu 1.000 Volt erreicht. Bevor die ins Netz eingespeist werden kann, muss sie in Wechselspannung (Nennspannung 230 Volt, Frequenz 50 Hertz) umgewandelt werden. Das geschieht in einem sogenannten Wechselrichter.



Abb. 3.3.1/8) bis 10) Verschiedene Ausführungen von Wechselrichtern

(Quelle: www.fronius.com)

(Quelle: www.meindorfner.de)

(Quelle: www.eaton-solar.com)

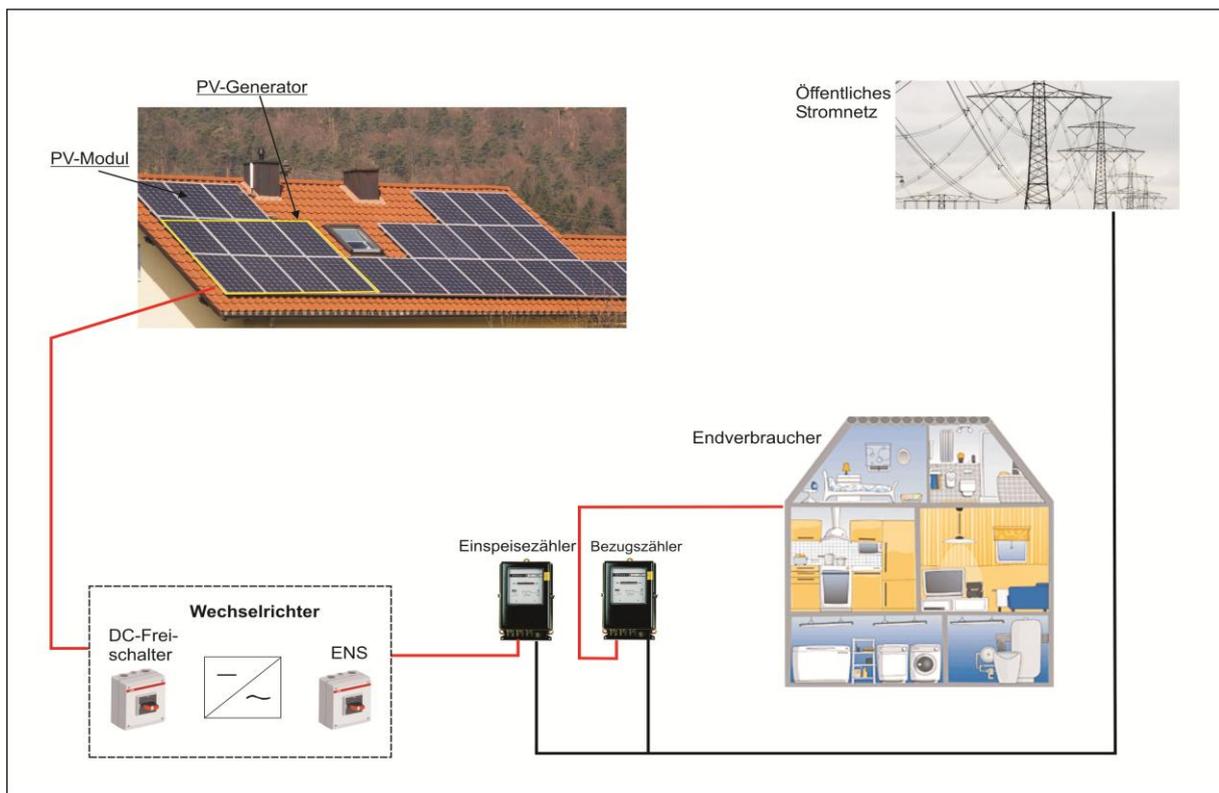


Abb. 3.3.1/11: Aufbau einer Photovoltaikanlage auf dem Dach eines Wohnhauses

Das Problem für die Einsatzkräfte bei der Gefahrenabwehr besteht darin, dass schon bei geringer Lichtintensität eine Spannung anliegt. Auch wenn die Anlage durch einen sogenannten DC-Freiswitcher (DC steht für „direct current“ – engl. für Gleichspannung) vom Netz getrennt wird, ist die Gefahr nicht gebannt, da bis zum Freiswitcher weiterhin Spannung anliegt. Technisch ist es möglich, die Solarmodule in deren unmittelbarer Nähe abzuschalten. Dazu wird ein fernbetätigter Schalter in die jeweilige Gleichspannungsleitung eingebaut.

Gegenwärtig besteht jedoch für Bauherren bzw. Betreiber von Photovoltaikanlagen keine Verpflichtung zur Installation eines derartigen, auch als Feuerwehrotschalter bezeichneten Gerätes. Dementsprechend selten sind sie an Gebäuden anzutreffen.



Abb. 3.3.1(12) bis 14): Verschiedene Ausführungen von Feuerwehmschaltern bzw. Auslösestellen
 (Quelle: www.conrad.ch) (Quelle: www.conrad.de)

(Quelle: www.iappfind.com)

3.3.2 Einsatzvorbereitung

Photovoltaikanlagen stellen für Einsatzkräfte ein nicht zu unterschätzendes Gefahren- und Risikopotenzial dar. Diese Tatsache muss in der laufenden Ausbildung auf örtlicher Ebene Berücksichtigung finden, indem das Thema regelmäßig in Ausbildung und Schulung behandelt wird. Neben den allgemeinen Regeln für den Einsatz an unter Spannung stehenden Anlagen sind die Besonderheiten von Photovoltaikanlagen zu vermitteln.

Die Teilnehmer müssen befähigt werden, Photovoltaikanlagen zu erkennen und sie von Solarthermieanlagen zu unterscheiden. Sie sollen Aufbau und Funktionsweise kennen und sich taktisch richtig verhalten können.

Zum Kennenlernen von Schwerpunkten im Ausrückebereich empfiehlt es sich, eine mit dem Betreiber abgestimmte Objektbegehung durchzuführen. Das betrifft vor allem sehr große Anlagen an und auf Gebäuden und große Solarparks. Auch Einsatzübungen sind sinnvoll, es muss jedoch darauf geachtet werden, dass Gefährdungen der Einsatzkräfte und Beschädigungen der Anlagen ausgeschlossen sind.

3.3.3 Einsatzhinweise

3.3.3.1 Dachstuhlbrand

Es gelten die üblichen taktischen Grundsätze für Lösch- und Rettungseinsätze. Nachfolgend werden besondere Hinweise für die Gefahrenabwehr bei Dachstuhlbränden mit vorhandener Photovoltaikanlage gegeben.

Lageerkundung:

- Feststellen, dass es sich zweifelsfrei um eine Photovoltaikanlage handelt.
 - Eigentümer, Nutzer oder Anwohner befragen,
 - auf die Bauart des Kollektors achten,
 - auf evtl. vorhandene Kennzeichnungen und Schilder achten,
 - wenn notwendig, zur Erkundung Hubrettungsfahrzeug oder tragbare Leiter einsetzen,
 - auf Eigenschutz achten (wegen max. 1 kV Gleichspannung mindestens 1 m Schutzabstand einhalten, herabfallende Teile sind möglich),
- Erkunden, ob ein Feuerwehmschalter vorhanden ist

Lagebeurteilung:

Welche Gefahren sind in Bezug auf die Photovoltaikanlage erkannt?									
Gefahren durch →									
	A	A	A	A	C	E	E	E	E
Gefahren für ↓									
Welche Gefahren müssen bekämpft werden?									
Menschen	X		X					X	X
Tiere	X		X					X	X
Umwelt	X								
Sachwerte			X						X
Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?									
Mannschaft	X							X	X
Einsatzmittel									X

- Atemgifte:** Einige der zur Herstellung von Kollektoren und Zuleitungen verwendeten Materialien setzen im Brandfall Atemgifte frei.
- Ausbreitung:** Die Brandausbreitung ist unter der Kollektorfläche nicht immer sofort sichtbar.
- Elektrizität:** Die Spannung beträgt im Gleichspannungsbereich bis zu 1.000 Volt (1 kV). Der Schutzabstand mit Körperteilen und Ausrüstungsgegenständen beträgt mindestens 1 m, mit einem CM-Strahlrohr bei Sprühstrahl mindestens 1 m, bei Vollstrahl 5 m.
- Einsturz:** Es besteht die Gefahr des Herabfallens von Anlagenteilen nach außen (häufiger) und ins Innere des Gebäudes (vor allem bei Indachmontage).
- Die Trägerkonstruktion verliert bei höheren Temperaturen ihre Festigkeit und die Kollektoren können abstürzen.
 - Der Trümmerschatten ist wegen des sogenannten Schanzeneffektes bei Dachschrägen oft größer als die bekannte Faustregel (zwei Drittel der Gebäudehöhe).

Taktische Hinweise:

- bei Vorhandensein eines Feuerwehrrschalters diesen unverzüglich betätigen
- Photovoltaikanlage mittels DC-Freischalter vom Netz trennen
- Energieversorgungsunternehmen benachrichtigen lassen
- Trümmerschatten beachten, Gefahrenbereich großräumig sichern
- tragende Teile kühlen
- wenn möglich, Hubrettungsgerät einsetzen (Schutzabstand einhalten!)
- Einsatzkräfte auf die Gefahr eines Stromschlages und auf die Möglichkeit des Herabfallens von Teilen hinweisen
- im Innenangriff Einsturzgefahr beachten und gefährdete Bereiche nicht betreten; möglichst im Bereich von Wänden vorgehen

3.3.3.2 Sturmschaden

Lageerkundung:

- Feststellen, dass es sich zweifelsfrei um eine Photovoltaikanlage handelt.
 - Eigentümer, Nutzer oder Anwohner befragen
 - auf die Bauart des Kollektors achten
 - auf evtl. vorhandene Kennzeichnungen und Schilder achten
 - wenn notwendig, zur Erkundung Hubrettungsfahrzeug oder tragbare Leiter einsetzen
 - auf Eigenschutz achten (wegen max. 1 kV Gleichspannung mindestens 1 m Schutzabstand einhalten, herabfallende Teile sind möglich)

Lagebeurteilung:

Welche Gefahren sind in Bezug auf die Solarthermieanlage erkannt?										
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz	
Gefahren für ↓	A	A	A	A	C	E	E	E	E	
<i>Welche Gefahren müssen bekämpft werden?</i>										
Menschen								X	X	
Tiere								X	X	
Umwelt										
Sachwerte								X	X	
<i>Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?</i>										
Mannschaft								X	X	
Einsatzmittel								X	X	

Elektrizität:

Selbst bei geringem Lichteinfall wird eine Gleichspannung von bis zu 1.000 Volt erzeugt. Es besteht die Gefahr eines Stromschlages bei unzulässiger Annäherung mit Körperteilen und Geräten.

Einsturz:

Es besteht die Gefahr des Herabfallens von Anlagenteilen.

- Die relativ große Fläche der Kollektoren bietet dem Wind gute Angriffsmöglichkeiten.
- Gelockerte oder beschädigte Teile können sich durch den Sturm plötzlich lösen und ggf. unkontrolliert umherfliegen.
- Der Trümmerschatten ist wegen des sogenannten Schanzeneffektes bei Dachschrägen oft größer als die bekannte Faustregel (zwei Drittel der Gebäudehöhe).

Taktische Hinweise:

- bei Vorhandensein eines Feuerwehrrutschalters diesen unverzüglich betätigen
- Photovoltaikanlage mittels DC-Freischalte vom Netz trennen
- Energieversorgungsunternehmen benachrichtigen lassen
- Trümmerschatten beachten, Gefahrenbereich großräumig sichern. Kollektoren stets beobachten
- wenn möglich, Hubrettungsgerät einsetzen
- bei Annäherung an spannungsführende Anlagenteile Schutzabstand von mindestens 1 Meter einhalten
- Einsatzkräfte auf die Möglichkeit des Herabfallens von Teilen und auf die Gefahr der Elektrizität hinweisen

3.3.3.3 Menschenrettung (z. B. bei Suizidandrohung)

Lageerkundung:

- Feststellen, dass es sich zweifelsfrei um eine Photovoltaikanlage handelt.
 - Eigentümer, Nutzer oder Anwohner befragen
 - auf die Bauart des Kollektors achten
 - auf evtl. vorhandene Kennzeichnungen und Schilder achten
 - wenn notwendig, zur Erkundung Hubrettungsfahrzeug oder tragbare Leiter einsetzen
 - auf Eigenschutz achten (wegen max. 1 kV Gleichspannung mindestens 1 m Schutzabstand einhalten, herabfallende Teile sind möglich)

Lagebeurteilung:

Welche Gefahren sind in Bezug auf die Photovoltaikanlage erkannt?									
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	A	A	A	A	C	E	E	E	E
Gefahren für ↓									
Welche Gefahren müssen bekämpft werden?									
Menschen		X						X	X
Tiere								X	X
Umwelt									
Sachwerte									X
Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?									
Mannschaft									X
Einsatzmittel									X

- Angstreaktion:** Personen, die extremem Stress ausgesetzt sind (z. B. Psychose, Höhenangst) neigen zu irrationaler Handlungsweise, wie z. B. Sprung aus größerer Höhe.
- Elektrizität:** Selbst bei geringem Lichteinfall wird eine Gleichspannung von bis zu 1.000 Volt erzeugt. Es besteht die Gefahr eines Stromschlages bei unzulässiger Annäherung mit Körperteilen und Geräten.
- Einsturz:** Die Tragfähigkeit der Befestigungsteilen wird möglicherweise überschritten; es besteht die Gefahr des Herabfallens von Anlagenteilen.

Taktische Hinweise:

- bei Vorhandensein eines Feuerwehrrschalters diesen unverzüglich betätigen
- Photovoltaikanlage mittels DC-Freischalter vom Netz trennen
- Energieversorgungsunternehmen benachrichtigen lassen
- wenn möglich, Hubrettungsgerät einsetzen
- bei Annäherung an spannungsführende Anlagenteile Schutzabstand von mindestens 1 Meter einhalten
- Einsatzkräfte auf die Gefahr der Elektrizität hinweisen

3.4 Solarhybridanlagen

Wie fast alle technischen Lösungen haben Solarthermie und Photovoltaik Nachteile. So schwächt Schnee auf den Solarthermiemodulen die Wärmeaufnahme erheblich. Die Aufheizung der Photovoltaikmodule hingegen vermindert deren Leistung.

Mit der Weiterentwicklung der Systeme versucht man, die Nachteile so weit wie möglich abzuschwächen oder sogar gegenseitig aufzuheben. Eine dabei gefundene Lösung ist, Kollektoren einzusetzen, die sowohl Strom als auch Wärme produzieren. Es handelt sich um die Kombination der Technologien Photovoltaik und Solarthermie. Die für die Stromerzeugung schädliche Wärme wird durch die Solarthermie abgeführt, die wiederum durch einen Umkehrkreislauf den Schnee auf den Kollektoren tauen lässt.

Manche Anlagen verfügen zusätzlich noch über einen sogenannten Thermogenerator. Aus überschüssiger Wärme kann er durch Nutzung thermoelektrischer Effekte Strom gewinnen, wodurch der resultierende Wirkungsgrad der gesamten Anlage steigt. Diese Technologie nennt man Thermovoltaik.

In einer Solarhybridanlage vereinen sich die Gefahren aller Solaranlagen. Es gelten die zu den jeweiligen Technologien gegebenen Einsatzhinweise gemeinsam. Eine gesonderte Betrachtung ist nicht erforderlich.

4 Biogasanlagen

4.1 Allgemeines

Produktion und Nutzung von Biomasse spielen in Brandenburg eine herausragende Rolle und erleben gerade einen anhaltenden Aufschwung. Bundesweit produzieren derzeit mehr als 5.000 Biogasanlagen Strom und Wärme. In Brandenburg werden es zum Jahresende rund 200 Anlagen sein. Der aus Biogas erzeugte Strom reicht aus, um 10 Prozent der deutschen Privathaushalte mit Ökostrom zu versorgen. Im Jahr 2020 werden schon 20 Prozent des Bedarfs der rund 40 Millionen Haushalte in Deutschland mit Ökostrom aus Biogas gedeckt werden können. Das ersetzt die Leistung von mehr als drei Atomkraftwerken.

Der Anteil Erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch wird sich von ca. $39 \cdot 10^{15}$ J (39 Petajoule) im Jahr 2004 auf $76 \cdot 10^{15}$ bis $83 \cdot 10^{15}$ J (76 bis 83 Petajoule) im Jahr 2020 entwickeln. Im Jahr 2004 wurden in Brandenburg 25,6 Petajoule aus Biomasse gewonnen. Anteilig waren das ca. 66 % bei der Energieerzeugung aus regenerativen Energien. Es wird erwartet, dass der Beitrag der Erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung im Jahr 2020 etwa 50 – 55 Petajoule betragen wird, was 90 Prozent des Stromverbrauchs im Land Brandenburg entspricht. (Quelle: „Energiestrategie 2020 des Landes Brandenburg“, 5. Biogas-Fachtagung v. 20.10.2010 Vortrag Rühmke)

4.2 Geschichtliches und gegenwärtiger Stand

Die Entstehung von Faulgasen (CH_4 , NH_3 , H_2S , CO_2 u.a.) zur Nutzung in Biogasanlagen ist bereits seit dem 16. Jahrhundert bekannt. (Quelle: Biogashandbuch Bayern)

1897 ist der Bau einer Biogasanlage für ein Lepra-Krankenhaus in Bombay (Indien) dokumentiert, in der organische Abfälle und pflanzliche Materialien als Ausgangssubstrat genutzt wurden. (Quelle: Schulz, H. und Eder, B.: Biogas-Praxis, 2001)

1910 begann in Deutschland der Klärtechniker Imhoff mit dem Bau anaerober, zweistöckiger Abwasserreinigungsanlagen. 1937 hatten die Städte Halle, Pforzheim, Essen, Erfurt, Pößneck, München und Heilbronn ihre städtischen Fuhrparks auf Biogasbetrieb umgestellt. Eine erste landwirtschaftliche Anlage wurde 1948 im Odenwald errichtet. 1950 ging die erste größere Biogasanlage in Allerhoop bei Celle/Niedersachsen nach dem System Schmidt-Eggersglüss in Betrieb. In den 50er Jahren wurden etwa 50 Biogasanlagen in Deutschland erstellt. Der sinkende Ölpreis in den 50er und 60er Jahren (Heizöl kostete damals ca. 0,10 €/l und fiel bis 1972 auf 0,04 €/l) führte zur Schließung vieler Biogasanlagen.

In der Zeit von 1985 bis 1990 ging der Bau neuer Anlagen spürbar zurück. Ein dritter Aufschwung für die Biogasnutzung begann Anfang der 90er Jahre durch die gesetzliche Regelung der Einspeisevergütung für Strom aus Biogas und die Rahmenbedingungen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. Seit der Novellierung des Stromeinspeisegesetzes im Jahr 2000 in Form des „Erneuerbare Energien Gesetzes“ (EEG) hält dieser Aufschwung bis heute an. Die am 01.08.2004 in Kraft getretene Novelle des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien schuf deutlich verbesserte Rahmenbedingungen für die Zukunft – insbesondere für die Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen – und ließ die Zahl der Biogasanlagen im Laufe des Jahres 2005 rapide nach oben schnellen.

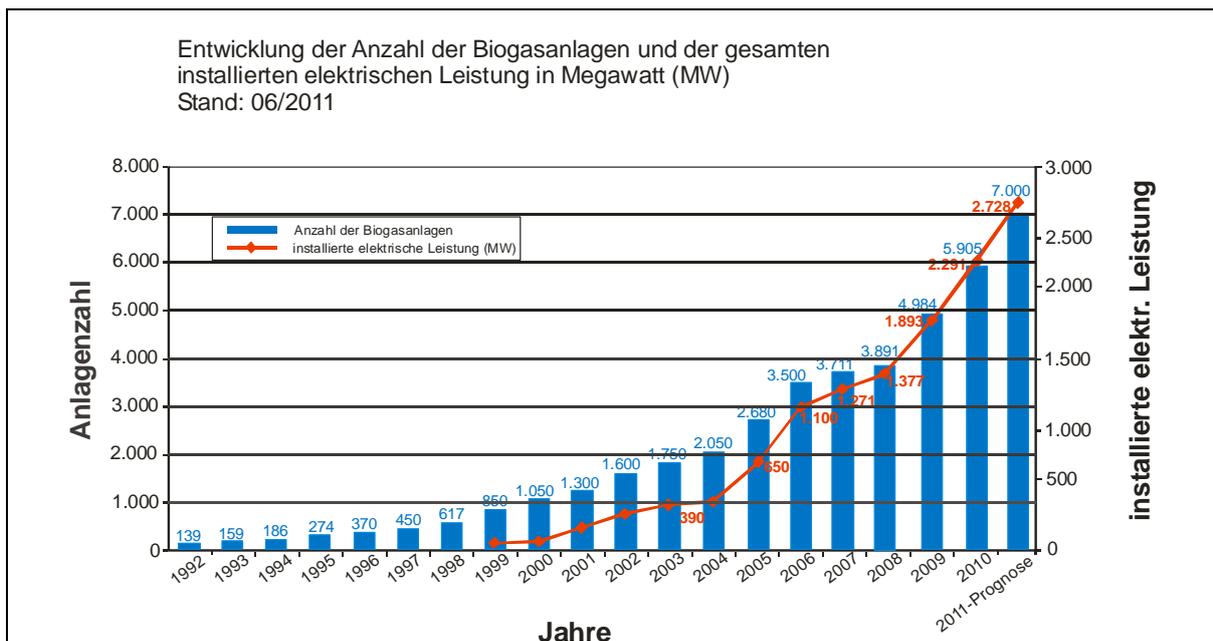


Abb. 4.2./1: Biogasanlagen (Grafik: Fachverband Biogas e.V.; 06/11)

4.3 Grundlagen des Biogasverfahrens

4.3.1 Ausgangs- und Endstoffe

In Biogasanlagen werden unterschiedliche Substrate verschiedener Herkunft eingesetzt:

Material	Biogasertrag (FM = Frischmasse)	Methangehalt
Maissilage	202 m ³ /t FM	52 %
Grassilage	172 m ³ /t FM	54 %
Futtermübe	111 m ³ /t FM	51 %
Bioabfall	100 m ³ /t FM	61 %
Hühnermist	80 m ³ /t FM	60 %
Zuckerrübenschnitzel	67 m ³ /t FM	72 %
Schweinemist	60 m ³ /t FM	60 %
Schweinegülle	28 m ³ /t FM	65 %
Rindergülle	25 m ³ /t FM	60 %

Prozessprodukt Biogas

Die Zusammensetzung von Biogas variiert und ist abhängig von der Art sowie der Struktur der Ausgangssubstrate, dem verwendeten Anlagensystem, der Temperatur, der Verweilzeit und der Raumbelastung.
(Quelle: Kleemann M., Meliß, M.: Regenerative Energiequellen, Springer-Verlag, 1993)

Grundsätzlich kann Biogas wie folgt charakterisiert werden:

Tab. 4.3.1/1: Biogas (Quelle: Biogashandbuch Bayern; verändert nach Kaltschmitt und Hartmann, 2001)

Komponente	Methan (CH ₄)	Kohlendioxid (CO ₂)	Wasser (H ₂ O)	Stickstoff (N ₂)	Wasserstoff (H ₂)	Sauerstoff (O ₂)	Schwefelwasserstoff (H ₂ S)
Anteil am Biogas [%]	50-75	25-45	2-7	0-2	0-1	0-2	0-2

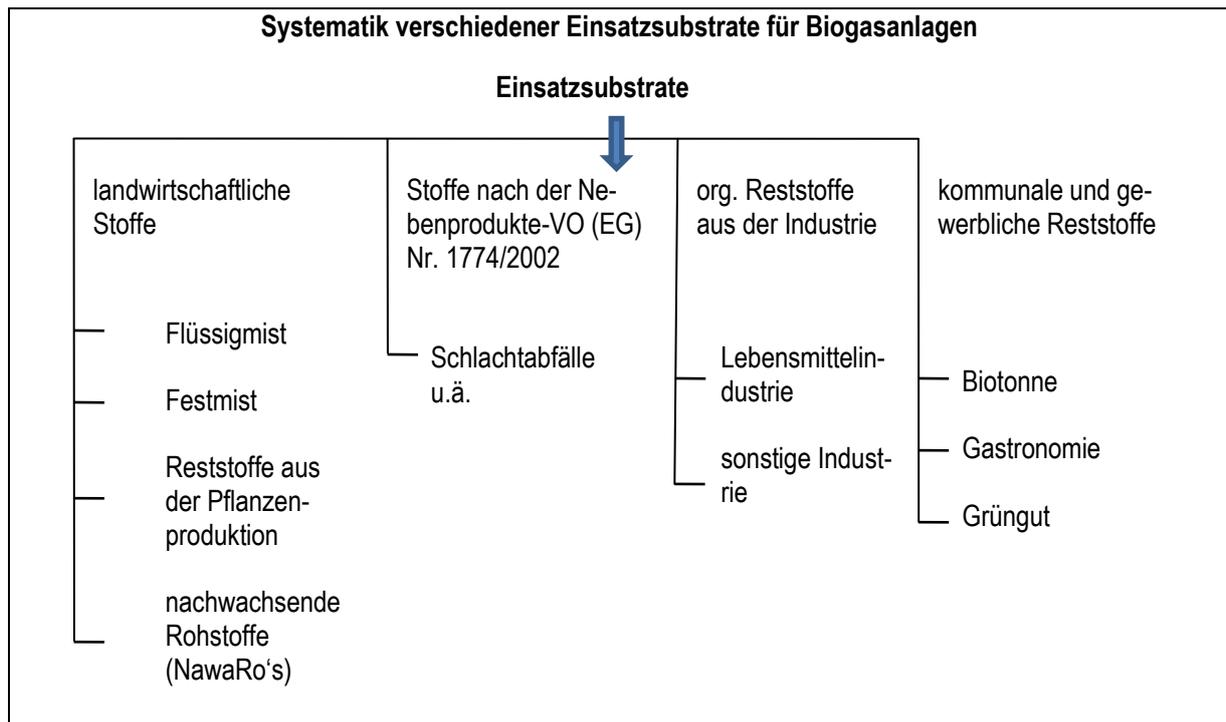


Abb. 4.3.1: Schema Biogasanlage (Quelle: www.nachwachsenderohstoffe.de)

4.3.2 Anlieferung und Substrataufbereitung

Anlieferung

Der Verfahrensbereich „Anlieferung“ ist in Anlagen anzutreffen, in denen betriebsfremde Substrate (i. d. R. Stoffe nach BioAbfV) eingesetzt werden. Die Lagerung ist erforderlich, um eine gleichmäßige Mischung aus verschiedenen Ausgangsstoffen herzustellen. In solchen Anlagen besteht die Pflicht der Eingangskontrolle, Erfassung, Dokumentation und Nachweisführung.

Aufbereitung

Nachwachsende Rohstoffe (NawaRo's) sind nicht sofort verwendbar. In Anlagen, in denen sie vorrangig Verwendung finden, müssen sie deshalb zunächst nach dem jeweiligen Stand der Technik konserviert werden. Von ihnen geht in der Regel keine unmittelbare Gefahr für die Einsatzkräfte aus. Bei der Verwendung von mit pathogenen Keimen belasteten Materialien (Biotonne, Schlachtabfälle, tierische Nebenprodukte) stellt die Hygienisierung sicher, dass Infektionswege unterbrochen werden. Gemäß der Verordnung EG 1774/2002 dürfen tierische Nebenprodukte mit hohem Risiko für Menschen, Tiere und Umwelt (z.B. BSE-Risiko) grundsätzlich nicht in Biogasanlagen verwendet werden. Die Risikokategorien 2 und 3 nach dieser Verordnung dürfen durch entsprechende Pasteurisierungsmaßnahmen in Biogasanlagen eingesetzt werden. Eine lückenlose Dokumentation dieser Maßnahmen muss vorhanden sein. (Quelle: Biogashandbuch Bayern)



Abb. 4.3.2/1: Die Substratlagerung fester silierfähiger Kofermente findet meist in Fahrsilos statt. (Quelle: <http://wohnen.pege.org>)



Abb. 4.3.2/2: Flüssige Kofermente werden meist in stehenden oder liegenden Rundtanks gelagert. (Quelle: www.kriegfischer.de)

Häufig werden feste und auch flüssige Kofermente über eine Vorgrube der Biogasanlage zugeführt. Vorgruben können eingehaust sein.

Biogasanlagen werden neben pflanzlichen Energieträgern auch mit Substraten beschickt, die der Hygieneverordnung EG 1774/2002 unterliegen und unbehandelt nicht landwirtschaftlich entsorgt werden dürfen. Prinzipiell kann zwischen zwei Arten der Behandlung unterschieden werden:

1. drucklos als Hygienisierung oder auch Pasteurisierung genannt für Substrate der Kategorie 3 bei 70 °C für eine Stunde und
2. Substrate der Kategorie 2 als Drucksterilisation bei 133 °C für 20 Minuten.

4.3.3 Fermentation

Die Fermentation (der Begriff steht hier für die technische Bioreaktion) läuft in Fermentern ab. Sie stellen die Hauptbaugruppe einer Biogasanlage dar und unterliegen bestimmten Klassifizierungsmerkmalen:

Tab. 4.3.3/1: Fermentation (Quellen: Biogashandbuch Bayern und Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK; Bundesamt für Energie BFE/Schweiz)

Art der Beschickung	Batch
	Speicher
	Wechselbehälter
	Durchfluss
	Durchflussspeicher
Anzahl der Prozessstufen	einstufig
	Zweistufig
	Mehrstufig
Temperatur (Thermiestufe)	psychrophil (bis 20°C)
	mesophil (30°C bis 42°C)
	Thermophil (48°C bis 55°C)
Trockenmassegehalt des Substrats	Flüssigfermenter (Trockensubstanzgehalt < 15%)
	Feststofffermenter (Trockensubstanzgehalt > 15%)

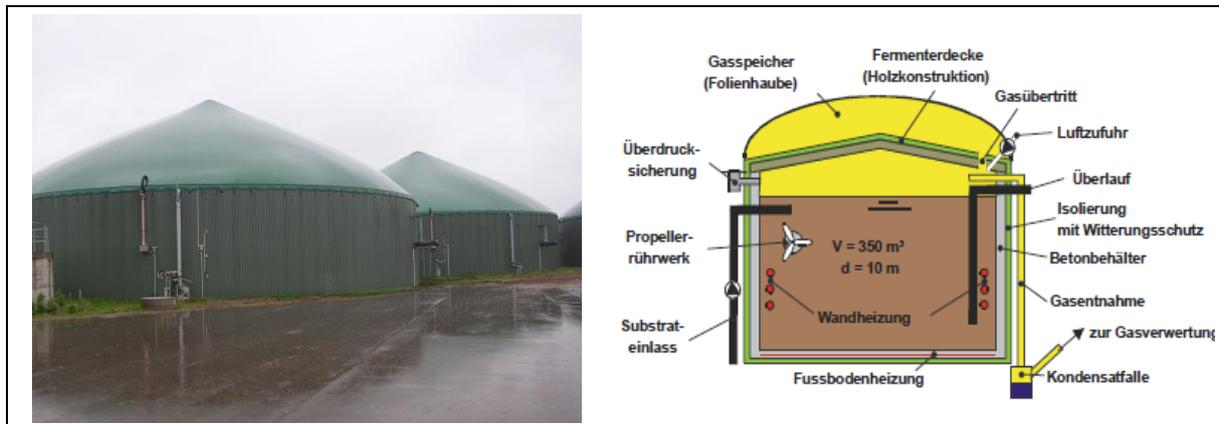


Abb. 4.3.3/1 und 4.3.3/2: Fermenter, stehend, runde Bauform. Fassungsvermögen des Gasspeichers: Edelstahl 10 bis 2.000 m³, Beton 100 bis über 5.000 m³ (Quelle: www.landtechnik.uni-bonn.de und Biogas-Handbuch Bayern)

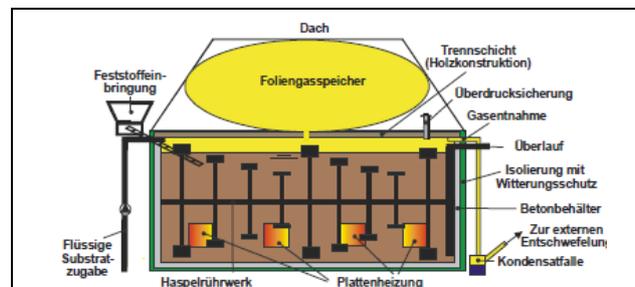


Abb. 4.3.3/3: Fermenter, liegend (Quelle: Biogas-Handbuch Bayern)

Die Gasproduktion pro Tag bei der Vergärung von Gülle ohne jegliche Zusatzstoffe beträgt ca. 1,0 bis 1,2 m³ Biogas pro Großvieheinheit (z.B. Kuh). (Quelle: aid infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e. V.: Biogasanlagen in der Landwirtschaft, 2003)

Je nach Anlagengröße werden ca. 100 – 160 m³ Biogas erzeugt. Das entspricht einem Äquivalent von 60 – 95 l Heizöl oder 60 – 95 m³ Erdgas. (Quelle: biogasanlagen.net)

Die Verweilzeit der Biomasse im Prozess hängt von der jeweiligen Thermiestufe (s.o.) ab und liegt zwischen ca. 15 und 80 Tagen.

4.3.4 Nachgärung und Gärrestelager

Im Nachgärer wird die Biomasse weiter erhitzt und ausgegoren. Im Gärrestelager werden die Restprodukte zwischengelagert und entweder flüssig oder fest als Dünger verwendet. Im Gärrestelager können bis zu 10 % der Methanausbeute entstehen. Ein Gärrestelager kann als Tiefbehälter (offen oder mit befahrbarer Decke) oder Hochbehälter – üblicherweise in zylindrischer Form – ausgeführt werden. In den Gärrestebehältern kommt es auch weiterhin zur Methanbildung. Ein Überlaufen ist durch baulich-technische Maßnahmen auszuschließen. Gärrestelager werden zunehmend mit Folienhaubendächern versehen, um das dort anfallende Biogas ebenfalls zu gewinnen. (Quelle: Biogashandbuch Bayern)

4.3.5 Gaslager und Gasspeicherung

Die Gaslager sind in der Regel auf den jeweiligen Fermentern, Nachgärern und Gärrestelagern als Folienbehälter aufgebracht. Das Fassungsvermögen ist sehr unterschiedlich und kann zwischen 100 m³ bis zu 5.000 m³ liegen. In einigen Anlagen wird das Gas verdichtet und entsprechend vorgehalten.

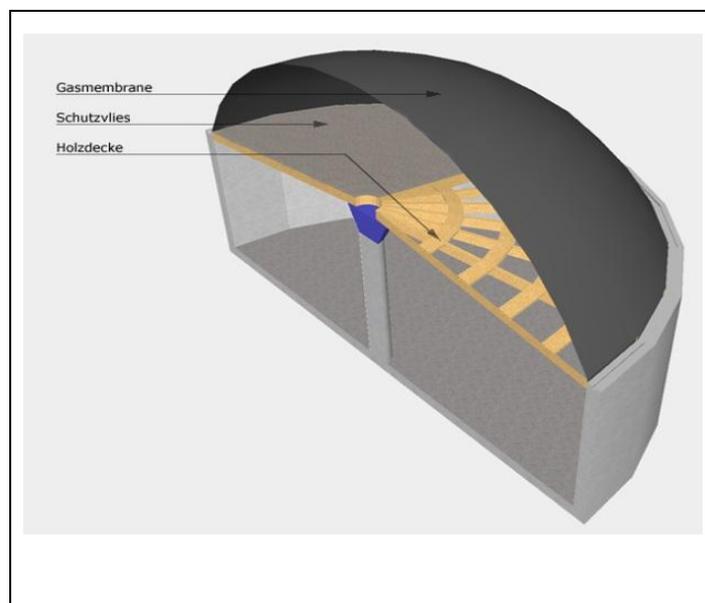


Abb. 4.3.5/1: Gaslager und Gasspeicherung (Quelle: www.baur-folien.de)

Bei internen Gasspeichern herrscht im Normalbetrieb im Gasraum ein geringfügiger Überdruck, der durch das Gewicht der schwebenden Innenmembrane aufgebaut wird. Über- und Unterdrucksicherheitsventile begrenzen den Druck im Gassystem. Das Gas kann aber auch extern drucklos oder unter Druck gespeichert werden.



Abb. 4.3.5/2 und 4.3.5/3 : Externe Gasspeicher (Quelle: www.agrotel.eu)

4.3.6 Gasführendes System

Gasrohrleitungen für die Gasableitung müssen medien- und korrosionsbeständig sein. Beständig bei Biogas sind z.B. Rohre aus Stahl, Edelstahl, Polyethylen (PE-HD) und PVC-U. Generell sind Rohrleitungen aus Stahlrohr zu verwenden. Kunststoffrohrleitungen können außerhalb von geschlossenen Räumen, wie Gebäuden, Gebäudeteilen oder Containern, bei Verlegung unter Erdgleiche, als Anschlussleitung des Folienspeichers und als Anschlussleitung des Fermenters, verwendet werden. (Quelle: Patten Biogasverband e. V.)

Alle Gasleitungen müssen entweder durch gelbe Farbe oder gelbe Pfeile kenntlich gemacht werden. Die Regelstrecke muss zwei selbständig schließende Ventile (Magnetventile), ein Absperrventil außerhalb des Aufstellraumes, eine Flammendurchschlagsicherung und einen Unterdruckwächter enthalten.



Abb. 4.3.6/1: Gasleitung (Quelle: www.buergerwindaktie.de)

Von besonderer Bedeutung für Installationen der Gasleitungen ist die Integration von Einrichtungen zum Kondensatablass, da bereits geringe Kondensatmengen aufgrund der kleinen Gasdrücke zum Verschluss der Gasleitung führen können.

Sollte es zu Störfällen kommen, bei denen das produzierte Biogas nicht der Nutzung zugeführt werden kann (z. B. bei Störungen im Blockheizkraftwerk) oder im Falle von nicht nutzbaren Überproduktionen, dann muss das überschüssige Gas mit einer Notfackel verbrannt werden. So werden Explosionsgefahren, Vergiftungsgefahren und Geruchsbelästigungen vermieden. Beim Erreichen des Maximaldruckes im Gasspeicher wird die Fackel automatisch gezündet. Zum Unterbrechen der Gasleitung im Notfall ist ein Gas-Notabsperrrhahn vorhanden.



Abb. 4.3.6/2: Gas-Notabsperrrhahn (Quelle: www.lsv.de)



Abb. 4.3.6/3: Gasnotfackel auf einem Blockheizkraftwerk (Quelle: www.haase-energie technik.de)

Die Gasaufbereitung dient der Abscheidung unterschiedlicher Spurengase, wie Schwefelwasserstoff (H_2S) oder Ammoniak (NH_3). Zur Gasaufbereitung stehen als Verfahren die Druckwasserwäsche, die Druckwechseladsorption (PSA), die Rectisolwäsche und die Aminwäsche zur Verfügung.

Die Druckwasserwäsche dient hauptsächlich der CO_2 -Abtrennung von biogenen Gasen.



Abb. 4.3.6/4 und 4.3.6/5: Beispiel einer Druckwasserwaschanlage - siehe Pfeil (Quelle; ÖKOBIT GmbH, Abfallforum)

Die Druckwechseladsorption (PSA) dient der Wasserstoffabtrennung, zur Stickstoffabtrennung und zur CO_2 -Abtrennung methanhaltiger Gase mittels Aktivkohle, Molekularsieben (Zeolithe) und Kohlenstoffmolekularsieben. Gasreinigungssysteme für große Volumenströme werden als stationäre Filteranlagen ausgeführt. Der Aktivkohlefilter wird in einer Ständerkonstruktion aufgehängt, einfaches Entleeren und Neubefüllen ist gewährleistet. Zur Reinigung durchströmt das Gas den Filter, in dem Aktivkohle in Form einer losen Schüttung lagert.

Die Rectisolwäsche dient hauptsächlich der CO_2 -/ H_2S -Abtrennung und Gewinnung des Methans. Die Aminwäsche ist ein Absorptionsverfahren zur Reinigung von Rohgasen, die H_2S und CO_2 enthalten sowie zur Reinigung von Abgasen von Biogasanlagen.

Das Biogas muss getrocknet werden, weil es Wasserdampf enthält. Wenn dieser kondensiert, kommt es durch Korrosion zur Verminderung des Wirkungsgrades. Die Trocknung ist eine zwingende Voraussetzung für die nachfolgende Gasreinigung mittels Aktivkohle.

Um das Biogas im Blockheizkraftwerk nutzen oder es ins Gasnetz einspeisen zu können, muss es vorher in speziellen Verdichtern verdichtet werden.

4.3.7 Gasnutzung

Die energetische Nutzung des produzierten Biogases kann in unterschiedlicher Weise erfolgen. In den meisten Fällen wird das produzierte Gas vor Ort verstromt oder ins Netz eingespeist. Ein Teil der Abwärme der Verstromungsaggregate wird zur Aufrechterhaltung des Abbauprozesses (Fermenter und Nachgärer werden beheizt) verwendet. Der überwiegende Teil der erzeugten Wärme steht für anderweitige Nutzung zur Verfügung.

(Quelle: Biogashandbuch Bayern)

Die Energiegewinnung aus dem entstehenden Biogas erfolgt heute fast ausschließlich über Kraft-Wärme-Kopplungen, d. h. das Gas wird in Gasmotoren als Treibstoff verbrannt, der angekoppelte Generator erzeugt Strom und die Abwärme der Verbrennung (60%) wird als Heizenergie genutzt.

Die ausschließliche Energiegewinnung nur durch Verbrennung des Biogases wird aus Gründen der Wirtschaftlichkeit heute kaum mehr betrieben. Diesem Verfahren könnte aber in Zukunft große Bedeutung zukommen, wenn es gelingt, Biogas so weit aufzureinigen, dass es in vorhandene Erdgasnetze eingespeist werden kann.

Die Verstromung erfolgt überwiegend in Gas-Otto- oder Zündstrahlmotoren, an die ein Generator zur Stromerzeugung gekoppelt ist. Der so gewonnene Strom wird überwiegend ins öffentliche Netz eingespeist. Neben dieser Form der Verstromung kommen auch Sterlingmotoren, Brennstoffzellen oder Mikrogasturbinen zur Anwendung. *Welcher Typ eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) für welche Anlage die richtige Wahl ist, hängt von den gegebenen Faktoren vor Ort ab und wird im Einzelfall entschieden.*

Die Wärmenutzung kann sehr unterschiedlich sein. Ein Teil wird wie bei der Gasnutzung zur Aufrechterhaltung der Biogasanlage genutzt. Weiterhin können Nahwärmeversorgungsmaßnahmen realisiert werden (Wohnhäuser, Schwimmbäder, Gewächshäuser etc.). Ebenso wichtig kann die Nutzung der Wärme zur Trocknung landwirtschaftlicher Güter sein. Wärme kann mittlerweile mit verschiedenen Speichertechniken (konvektiver Wärmeaustausch, konduktiver Wärmeaustausch oder der Kombination beider) gespeichert werden. Außerdem kann man Wärme zur Kälteerzeugung (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung – KWKK) nutzen. Auch die Wärme des Abgasstromes der Verbrennungsmotoren wird mit dem ORC-Verfahren (Organic-Rankine-Cycle-Prozess) genutzt.

Für die Einspeisung ins Erdgasnetz werden bestimmte Anforderungen an den Methangehalt und an den Gehalt nicht erwünschter Nebenprodukte gestellt. Dies hat die Verwendung weiterer Anlagenteile vor Ort zur Folge, in denen eine Methananreicherung, eine Schwefelabscheidung und eine Kohlenstoffdioxidabtrennung durchgeführt werden.

4.4 Einsatzvorbereitung

Jede Feuerwehr muss die in ihrem Ausrückebereich vorhandenen Biogasanlagen kennen. Bestandteil der Aus- und Fortbildung sollten deshalb sein:

- Studium der vorhandenen Feuerwehrpläne bzw. Einsatzpläne von Biogasanlagen,
- Begehungen der Anlagen vor Ort nach Absprache mit dem jeweiligen Betreiber; ggf. zunächst nur mit Führungskräften, später dann mit allen Einsatzkräften,
- Einsatzübungen an Biogasanlagen mit unterschiedlichen Übungsszenarien in regelmäßigen Abständen.

Jede Einsatzkraft muss die Grundlagen des Biogasverfahrens und die daraus resultierenden Gefahren an der Einsatzstelle kennen. Schulungsveranstaltungen auf örtlicher Ebene eignen sich besonders zur Wissensvermittlung. Es empfiehlt sich, Fachleute von Errichter- und Betreiberfirmen als Dozenten zu gewinnen.

4.5 Einsatzhinweise

4.5.1 Brand von Substrat

Es gelten die üblichen taktischen Grundsätze für Lösch- und Rettungseinsätze. Nachfolgend werden besondere Hinweise für die Gefahrenabwehr bei Substratbränden gegeben.



Abb. 4.5.1/1: Rohstofflager (Quelle: unbekannt)

Lageerkundung:

- Feststellen, um welche Art von Substrat es sich handelt.
- Möglichkeiten der Brandausbreitung auf die übrigen Anlagenteile erkunden.
- Zum Aufspüren von Schwelbrandherden können Wärmebildkameras eingesetzt werden. Diese Methode eignet sich besonders bei Hochsilos.

Lagebeurteilung:

Welche Gefahren sind in Bezug auf das brennende Substrat erkannt?									
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	Gefahren für ↓	A	A	A	A	C	E	E	E
Welche Gefahren müssen bekämpft werden?									
Menschen	X		X		X	X	X	X	
Tiere	X		X		X	X	X		
Umwelt	X				X		X		
Sachwerte			X		X		X		
Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?									
Mannschaft	X				X	X	X	X	
Einsatzmittel					X		X		

Atemgifte:	Verbrennungsprodukte sind grundsätzlich Atemgifte. Einzelne Einsatzsubstrate (z.B. Gülle oder Silage) bilden u.a. Methan (NH ₄), Schwefelwasserstoff (H ₂ S), Stickstoffverbindungen (NO _x) oder Kohlenstoffdioxid (CO ₂). Bei Zusammenlagerung von Einsatzsubstraten kommt es u. U. zur verstärkten Bildung von oben beschriebenen Stoffen. Je nach baulicher Charakteristik (Gruben, Umbauungen) kann es zu hohen Konzentrationen der Atemgifte kommen.
Ausbreitung:	Die Brandausbreitung durch Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Konvektion ist auf die übrigen Anlagenteile möglich. Innerhalb des Substrates kann sich ein Schwelbrand unter der Oberfläche ausbreiten; es können sich dadurch Hohlräume bilden.
Chemische Stoffe:	Die Einsatzsubstrate selbst bzw. Produkte aus chemisch-biologischen Prozessen können zum Teil bedeutsame Mengen relevanter Stoffe oder Stoffverbindungen enthalten.
Erkrankung/Verletzung:	Einsatzsubstrate mit biologisch relevanten Charakteristika, Stoffe nach der Nebenprodukte-VO (EG) Nr. 1774/2002 oder Schlachtabfälle können bei Kontakt zur Gesundheitsgefährdung führen. Verletzungsgefahren bestehen durch die zur Anwendung kommenden Förderaggregate (Pumpen, Förderschnecken, Schubböden u.ä.) sowie Zerkleinerungsanlagen. Zur Pasteurisierung werden Substrate höheren Temperaturen ausgesetzt, wodurch eine Verbrennungs- bzw. Verbrühungsgefahr besteht.
Explosion:	Durch chemisch-biologische Prozesse entstehende brennbare Gase können, begünstigt durch die örtlichen und baulichen Bedingungen, in Verbindung mit Luft explosionsfähige Gemische bilden. Explosionszonen müssen durch den Betreiber ausgewiesen und kenntlich gemacht sein.
Elektrizität:	Je nach Einsatzsubstrat kommen verschiedene Fördertechniken zur Anwendung, die elektrisch betrieben werden.

Taktische Hinweise:

- Not-Aus-Schalter betätigen, damit ist der Strom abgeschaltet und die Biogaszufuhr unterbrochen.
- Es ist umluftunabhängiger Atemschutz zu tragen.
- Substratschüttungen nicht betreten. Es besteht die Gefahr des Einbrechens in Hohlräume und Verschüttungsgefahr.
- Beim Einsatz von Wasser als Löschmittel ist die Quellfähigkeit einiger Substrate beachten. Vorsicht beim Aufwirbeln von Stäuben – Gefahr der Durchzündung.
- Das Ablöschen schwelender Substratschüttungen ist meist nur möglich, wenn das Material unter Beachtung der Sicherheit der dazu eingesetzten Kräfte und Mittel abgetragen wird.
- Die Betreiber verständigen und zur Anlage beordern.

4.5.2 Gasbrand am Foliengasspeicher

Es gelten die üblichen taktischen Grundsätze für Lösch- und Rettungseinsätze. Nachfolgend werden besondere Hinweise für die Gefahrenabwehr bei Bränden an Foliengasspeichern gegeben.



Abb. 4.5./1: Gaslagerbrand (Foto: Merkblatt M-001 Brandschutz bei Biogasanlagen; Fachverband Biogas e.V. - 2010)

Lageerkundung:

- Erkunden, ob sich noch Personen im Gefahrenbereich rund um die Brandstelle befinden. Wenn ja, unverzüglich in sichere Bereiche verbringen.
- Besonders auf Möglichkeiten der Brandausbreitung durch Wärmestrahlung ist zu achten.
- Die Folienoberfläche ist auf eventuell weitere sichtbare Beschädigungen zu kontrollieren.

Lagebeurteilung:

Welche Gefahren sind in Bezug auf das brennende Biogas erkannt?									
Gefahren durch →	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">Atemgift</div> <div style="text-align: center;">Angstreaktion</div> <div style="text-align: center;">Ausbreitung</div> <div style="text-align: center;">Atomare Strahlung</div> <div style="text-align: center;">Chemische Stoffe</div> <div style="text-align: center;">Erkrankung/Verletzung</div> <div style="text-align: center;">Explosion</div> <div style="text-align: center;">Elektrizität</div> <div style="text-align: center;">Einsturz</div> </div>								
	Gefahren für ↓	A	A	A	A	C	E	E	E
<i>Welche Gefahren müssen bekämpft werden?</i>									
Menschen	X		X						X
Tiere	X		X						
Umwelt	X								
Sachwerte			X						X
<i>Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?</i>									
Mannschaft	X								X
Einsatzmittel									X

- Atemgifte:** Verbrennungsprodukte sind grundsätzlich Atemgifte. Biogas verbrennt vorwiegend zu Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasserdampf. Brennen Teile der Folie, werden ebenfalls Atemgifte frei.
- Ausbreitung:** Die Brandausbreitung wird fast ausschließlich durch die Wärmestrahlung der Flamme auf die Umgebung zu erwarten sein. Besonders gefährdet sind die Bereiche der noch nicht betroffenen Folienoberfläche um das Leck herum.
- Einsturz:** Es können sich Teile der Folie lösen und herabfallen. Unter der Folie soll eine meist aus Holz bestehende Konstruktion verhindern, dass die Folie bei fehlendem Gasdruck auf das Substrat fällt. Auch diese Konstruktion kann ins Innere des Fermenters stürzen.

Taktische Hinweise:

- Den Not-Aus-Schalter betätigen. Damit ist der Strom abgeschaltet und die Biogaszufuhr unterbrochen.
- Den Gefahrenbereich weiträumig absperren.
- Das Gas brennen lassen. Flamme nicht löschen, da es sonst zur Bildung explosionsfähiger Gas-Luft-Gemische kommt.
- Die Umgebung um die Flamme mit Sprühstrahl kühlen. Möglichst mit dem Wind der Brandstelle nähern.
- Das Gas brennt nahezu drucklos ab. Eine Explosion oder ein Behälterzerknall ist nicht zu erwarten.
- Den Betreiber hinzuziehen.
- Wenn möglich, die Zuleitungen zum Gasspeicher abschiebern.

4.5.3 Biogasaustritt ohne Brandfolge

Es gelten die üblichen taktischen Grundsätze für Einsätze bei Austritt giftiger und brennbarer Gase. Nachfolgend werden besondere Hinweise für die Gefahrenabwehr bei Austritt von Biogas gegeben.

Lageerkundung:

- Erkunden, ob sich noch Personen im Gefahrenbereich rund um die Brandstelle befinden. Wenn ja, unverzüglich in sichere Bereiche verbringen.
- Es ist umluftunabhängiger Atemschutz zu tragen.
- Feststellen, wo genau das Gas austritt.
- Gefahrenbereich, wenn möglich, unter Verwendung von Explosionsgrenzmessgeräten feststellen.

Lagebeurteilung:

Welche Gefahren sind in Bezug auf das austretende Biogas erkannt?										
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz	
	A	A	A	A	C	E	E	E	E	
Gefahren für ↓										
Welche Gefahren müssen bekämpft werden?										
Menschen	X				X		X			
Tiere	X				X		X			
Umwelt	X				X		X			
Sachwerte							X			
Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?										
Mannschaft	X				X		X			
Einsatzmittel							X			

- Atemgifte:** Biogas ist giftig. Es besteht zu ca. 60% aus Methan, 35% Kohlenstoffdioxid und 5% anderen Stoffen und riecht nach faulen Eiern. Es ist etwas leichter als Luft.
- Chemische Stoffe:** Biogas ist eine giftige und brennbare Chemikalie.
- Explosion:** Der Explosionsbereich liegt etwa zwischen 6 und 12 Vol%.



Abb. 4.5.3/1 und 4.5.3/2: Durch eine Explosion zerstörte Biogasanlage (Quelle: www.feuerwehr-riedlingen.de)

Taktische Hinweise:

- Weitläufig muss abgesperrt werden (mindestens 250 Meter, in Windrichtung ggf. noch weiter).
- Den Not-Aus-Schalter betätigen. Damit ist der Strom abgeschaltet und die Biogaszufuhr unterbrochen.
- Die Zündquellen beseitigen bzw. ausschließen.
- Biogas ist nur unwesentlich leichter als Luft und kann sich je nach baulichen, meteorologischen und Geländebedingungen ansammeln. Gaswolke niederschlagen oder verwirbeln.
- Die Lecks, wenn möglich, schließen dazu ggf. Spezialkräfte (z. B. Gefahrstoffeinheit) anfordern.
- Den Betreiber hinzuziehen.

- Wegen der Explosionsgefahr sind Deckungen auszunutzen und/oder Abstand zu halten. Im Falle einer Explosion besteht Gefahr durch eine Druckwelle, die selbst in 200 Metern Entfernung noch Fensterscheiben zerstören kann.
- Nur so viele Einsatzkräfte wie unbedingt notwendig im Gefahrenbereich arbeiten lassen.

4.5.4 Brand am Blockheizkraftwerk (BHKW)

Es gelten die üblichen taktischen Grundsätze für Lösch- und Rettungseinsätze. Nachfolgend werden besondere Hinweise für die Gefahrenabwehr bei Bränden an Blockheizkraftwerken gegeben.

Lageerkundung:

- Erkunden, ob sich noch Personen im Gefahrenbereich befinden. Wenn ja, unverzüglich in sichere Bereiche verbringen.
- Wenn möglich, die Notausschalter betätigen.
- Feststellen, was konkret brennt (Biogas, Öl, Kabel und Isolationsmaterial oder Sonstiges).

Lagebeurteilung:

Welche Gefahren sind in Bezug auf den Brand am BHKW erkannt?									
Gefahren durch →	Atemgift	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	Gefahren für ↓	A	A	A	A	C	E	E	E
<i>Welche Gefahren müssen bekämpft werden?</i>									
Menschen	X		X		X		X		
Tiere	X				X		X		
Umwelt	X				X		X		
Sachwerte			X				X		
<i>Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?</i>									
Mannschaft	X				X		X		
Einsatzmittel							X		

Atemgifte:	Verbrennungsprodukte sind grundsätzlich Atemgifte. Es ist mit starker Rauchentwicklung zu rechnen. Es kann außerdem noch unverbranntes Biogas vorhanden sein.
Ausbreitung:	Der Brand kann sich innerhalb des BHKW und nach außen auf Gebäude und Anlagenteile ausbreiten.
Chemische Stoffe:	Neben Biogas als giftige und brennbare Chemikalie können Betriebsstoffe, wie Öle und Fette, vorhanden sein.
Explosion:	Unverbranntes Biogas kann durchzündeln. Der Explosionsbereich liegt etwa zwischen 6 und 12 Vol%.

Taktische Hinweise:

- Den Gefahrenbereich absperren.
- Es ist umluftunabhängiger Atemschutz zu tragen.
- Den Not-Aus-Schalter betätigen, damit ist der Strom abgeschaltet und die Biogaszufuhr unterbrochen.
- Je nach Brandklasse des brennenden Stoffes das richtige Löschmittel wählen.
- Ausströmendes, brennendes Biogas nicht löschen.
- Benachbarte Anlagenteile vor Wärmeübertragung durch Kühlung mit Wasser schützen.
- Vorsicht an unter Spannung stehenden Anlagenteilen. Mindestabstände mit Strahlrohren, Körperteilen und Geräten einhalten.

Literatur und Quellenverzeichnis

- aid infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e. V.: Biogasanlagen in der Landwirtschaft, 2003
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Biogashandbuch Bayern; www.lfu.bayern.de
- Bayrisches Landesamt für Umwelt: Polychlorierte Biphenyle (PCB)
- Deutsche Auftragsagentur GmbH: www.solaranlagen-portal.com
- Deutscher Feuerwehr Verband: Einsatzstrategien an Windenergieanlagen, DFV-Empfehlung
- Deutscher Feuerwehrverband: Einsatz an Photovoltaikanlagen, 1. Auflage 2010
- Fischer, D., Grimmel, R.: Einsatz verschiedener Generatortypen bei Herstellern von Windkraftanlagen(WKA), ihre Vor- und Nachteile, Vorlesung PVR Sommersemester 2005
- Kleemann M., Meliß, M.: Regenerative Energiequellen, Springer-Verlag, 1993
- Ministerium für Wirtschaft des Landes Brandenburg: Energiestrategie 2020 des Landes Brandenburg, 2008
- N. Balduin und F. Witt: Gefahren bei Einsätzen an WEA, RWE Rhein-Ruhr Verteilernetz
- Rühmke: Vortrag auf der 5. Biogas-Fachtagung am 20.10.2010
- Schulz, H., Eder, B.: Biogas-Praxis, Ökobuch-Verlag, 2001
- Seifert, H. Risikoabschätzung des Eisabwurfs von Windenergieanlagen, Forschungs- und Koordinierungsstelle Windenergie Hochschule Bremen
- VdS 3523:2008-07: Windenergieanlagen (WEA) Leitfaden für den Brandschutz; VdS Verlag

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

- Titelbild: Florian Gerlach (Nawaro), Wikimedia Commons, lizenziert unter CreativeCommons-Lizenz by-sa-3.0-de, URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>
- Abb. 2.1/1: Windenergie in Brandenburg (Quelle: Bundesverband Windenergie)
- Abb. 2.1/2: Windenergieanlagen in Brandenburg - Installierte Leistung nach Landkreisen - Stand: Mai 2008 (Quelle: ETI-Brandenburgische Energie Technologie Initiative)
- Abb. 2.2/1: Die WEA mit horizontaler Rotationsachse ① haben sich gegenüber denen mit vertikaler Rotationsachse ② durchgesetzt (Grafik: Autonome Provinz Bozen-Südtirol)
- Abb. 2.2/2: Aufbau einer Windenergieanlage (Quelle: VDE)
- Abb. 2.2/3: Gittermast (Quelle: Conferdo GmbH & Co.KG)
- Abb. 2.2/4: Konstruktionsprinzipien Windenergieanlagen (Quelle: Agentur Erneuerbare Energien)
- Abb. 2.2/5: Konzept der Stromerzeugung mit einem Synchrongenerator (Quelle: Bundesverband Wind-Energie e.V)
- Abb. 2.2/6: Konzept der Stromerzeugung mit einem Asynchrongenerator (Quelle: Bundesverband Wind-Energie e.V)
- Abb. 2.2/7: Entwicklung der Anlagengröße und Nennleistung von in Serie gebauten WEA (Grafik: SKI Ingenieurgesellschaft)
- Abb. 2.3/1: Kennzeichnung einer WEA (Quelle: Röhm)
- Abb. 2.3/2: Notfall-Informationssystem WEA-NIS (Quelle: www.wea-nis.de)
- Abb. 2.4.1/1: Brand in der Gondel einer WEA (Quelle: Pressemappe-Polizeiinspektion Stade)
- Abb. 2.4.1/2: Verfärbung durch den Brand an der Außenseite des Turms (Quelle: Feuerwehr Leopoldshöhe)
- Abb. 2.4.1/3: Türsicherung mit Vorhängeschloss (Quelle: Röhm)
- Abb. 2.4.1/4: Türsicherung mit Zylinderschloss (Quelle: Röhm)
- Abb. 2.4.1/5: Abdichtung der Zugangstür einer WEA mit Folie und Klebeband (Quelle: Feuerwehr Leopoldshöhe)
- Abb. 2.4.1/6: Anordnung der Technik im Maschinenhaus (Quelle: BrandschutzSpezial Feuerlöschanlagen-2008)
- Abb. 2.4.2/1: WEA mit außenanliegendem Transformator (Quelle: Röhm)
- Abb. 2.4.3/1: WEA umgefallen (Quelle: www.science-skeptical.de)
- Abb. 2.4.3/2: Rotorblätter abgerissen (Quelle: www.bueerger-fuer-eggebek.de)
- Abb. 2.4.3/3: umgeknickte WEA (Quelle: www.buerger-fueer-eggebek.de)
- Abb. 2.4.4/1: Eisansatz bei nebligem Wetter (Quelle: www.conrad.de/windgeneratoren)
- Abb.: 2.4.4./2a-d: Warnschilder (Quelle: Röhm)
- Abb. 2.4.4./3: Formel zur Feststellung der zu erwartenden maximalen Wurfweite (Quelle: <http://www.fk-wind.de>)
- Abb. 2.4.5/1: Aufstieg über Leiter mit Steigschutzeinrichtung (Quelle: WIND ENERGY MARKET)
- Abb. 2.4.5/2: Kraftbetriebene Befahreinrichtung (Quelle: ARCHITEKTEN INFORMATIONS SYSTEM)
- Abb. 2.4.5/3: Kraftbetriebene Befahreinrichtung (Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit-BMU)
- Abb. 2.4.5/4: Begleitende Personenrettung aus einer WEA über die Ausstiegsluke in der Gondel (Quelle: Gesellschaft für seilunterstütztes Arbeiten und Rettung mbH)
- Abb. 3.1/1 Einteilung der Solaranlagen
- Abb.3.2.1/1: Funktionsweise der Solarthermie
- Abb. 3.2.1/2: Flachkollektor (Quelle: www.awa-solar.de)
- Abb. 3.2.1/3: Vakuumröhrenkollektor (Quelle: www.fellnergmbh.de)
- Abb. 3.2.1/4: Parabolrinnenkollektor (Quelle: www.dlr.de)
- Abb. 3.2.3.1/1: Dachstuhlbrand (Quelle: www.flensburg-online.de)
- Abb. 3.2.3.3/1: Personen in Notlagen von Dächern retten (Quelle: www.photovoltaikeu.com)
- Abb. 3.2.3.3/2: Personen in Notlagen von Dächern retten (Quelle: www.br.de)
- Abb. 3.3.1/1: Dickschichtsolarmodule (Quelle: www.nordcapital.com)
- Abb. 3.3.1/2: Dünnschichtsolarmodule (Quelle: www.photovoltaikeu.com)
- Abb. 3.3.1/3: Aufdachmontage (Quelle: www.oekopower.com)
- Abb. 3.3.1/4: Indachmontage (Quelle: www.odtec.at)
- Abb. 3.3.1/5: Freiaufstellung in einem Solarpark (Quelle: www.solarenner.de)

- Abb. 3.3.1/6: Solardachziegel (Quelle: www.realize-energysystems.com)
- Abb. 3.3.1/7: Fassadenmontage (Quelle: www.dachdecker.com)
- Abb. 3.3.1/8: Verschiedene Ausführungen von Wechselrichtern (Quelle: www.fronius.com)
- Abb. 3.3.1/9: Verschiedene Ausführungen von Wechselrichtern (Quelle: www.meindorfner.de)
- Abb. 3.3.1/10: Verschiedene Ausführungen von Wechselrichtern (Quelle: www.eaton-solar.com)
- Abb. 3.3.1/11: Aufbau einer Photovoltaikanlage auf dem Dach eines Wohnhauses
- Abb. 3.3.1/12: Verschiedene Ausführungen von Feuerwehrrschaltern bzw. Auslösestellen (Quelle: www.conrad.ch)
- Abb. 3.3.1/13: Verschiedene Ausführungen von Feuerwehrrschaltern bzw. Auslösestellen (Quelle: www.conrad.de)
- Abb. 3.3.1/14: Verschiedene Ausführungen von Feuerwehrrschaltern bzw. Auslösestellen (Quelle: www.iappfind.com)
- Abb. 4.2./1: Biogasanlagen (Grafik: Fachverband Biogas e.V.; 06/11)
- Abb. 4.3.1: Schema Biogasanlage (Quelle: www.nachwachsenderohstoffe.de)
- Abb. 4.3.2/1: Die Substratlagerung fester silierfähiger Kofermente findet meist in Fahrsilos statt. (Quelle: <http://wohnen.pege.org>)
- Abb. 4.3.2/2: Flüssige Kofermente werden meist in stehenden oder liegenden Rundtanks gelagert. (Quelle: www.kriegfischer.de)
- Abb. 4.3.3/1: Fermenter, stehend, runde Bauform. Fassungsvermögen des Gasspeichers (Quelle: www.landtechnik.uni-bonn.de)
- Abb. 4.3.3/2: Fermenter, stehend, runde Bauform. Fassungsvermögen des Gasspeichers (Quelle: Biogas-Handbuch Bayern)
- Abb. 4.3.3/3: Fermenter, liegend (Quelle: Biogas-Handbuch Bayern)
- Abb. 4.3.5/1: Gaslager und Gasspeicherung (Quelle: www.baur-folien.de)
- Abb. 4.3.5/2: Externe Gasspeicher (Quelle: www.agrotel.eu)
- Abb. 4.3.5/3: Externe Gasspeicher (Quelle: www.agrotel.eu)
- Abb. 4.3.6/1: Gasleitung (Quelle: www.buergerwindaktie.de)
- Abb. 4.3.6/2: Gas-Notabsperrhahn (Quelle: www.lsv.de)
- Abb. 4.3.6/3: Gasnotfackel auf einem Blockheizkraftwerk (Quelle: www.haase-energietechnik.de)
- Abb. 4.3.6/4: Beispiel einer Druckwasserwaschanlage (Quelle: ÖKOBit GmbH, Abfallforum)
- Abb. 4.3.6/5: Beispiel einer Druckwasserwaschanlage (Quelle: ÖKOBit GmbH, Abfallforum)
- Abb. 4.5/1: Gaslagerbrand (Quelle: Merkblatt M-001 Brandschutz bei Biogasanlagen; Fachverband Biogas e.V. - 2010)
- Abb. 4.5.1/1: Rohstofflager (Quelle: unbekannt)
- Abb. 4.5.3/1: Durch eine Explosion zerstörte Biogasanlage (Quelle: www.feuerwehr-riedlingen.de)
- Abb. 4.5.3/2: Durch eine Explosion zerstörte Biogasanlage (Quelle: www.feuerwehr-riedlingen.de)
- Tab. 4.3.1/1: Biogas (Quelle: Biogashandbuch Bayern; verändert nach Kaltschmitt und Hartmann, 2001)
- Tab. 4.3.3/1: Fermentation (Quellen: Biogashandbuch Bayern und Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK; Bundesamt für Energie BFE/Schweiz)