

Schullehrplan Solarinstallateur/in EFZ

Lehrjahr / Quartal	Nr.	Lernthema	HKB	HK	Anzahl Lektionen
2. Lehrjahr / 1. Quartal	5	Beurteilung Untergründe	HKB b	b.5	20*
2. Lehrjahr / 1. Quartal	6	Solaranlagen auf Flachdächern	HKB c	c.1, c.4	20*
2. Lehrjahr / 2. und 3. Quartal	7	Solaranlagen auf Steildächern	HKB c	c.2, c.4	40*
2. Lehrjahr / 2 und 3. Quartal	8	Arbeitsvorbereitung	HKB b	b.1, b.2, b.3, b.4	40*
2. Lehrjahr / 4. Quartal	9	Spezielle Solaranlagen	HKB c	c.3, c.4	30*
2. Lehrjahr / 4. Quartal	10	DC-Leitungsführung	HKB c	c.4	10*
3. Lehrjahr / 1. Quartal	11	DC-Installationen	HKB c	c.4, c.5	34*
3. Lehrjahr / 1. Quartal	12	AC- und DC-Leitungsführung	HKB c	c.4	28*
3. Lehrjahr / 2. und 3. Quartal	13	Sichtprüfung	HKB d	d.1	8*
3. Lehrjahr / 2 und 3. Quartal	14	Inbetriebnahme Wechselrichter	HKB c	c.4, c.6	38*
3. Lehrjahr / 4. Quartal	15	Störungen bei Inbetriebnahme	HKB d	d.2, d.3	24*
3. Lehrjahr / 4. Quartal	16	Rückbau von Solaranlagen	HKB d	d.3	8*
3. Lehrjahr / 4. Quartal	17	Vertiefung AC und DC, Eigenverbrauch	HKB c	c.4, c.5	24*
3. Lehrjahr / 4. Quartal	18	Wartung von Solaranlagen	HKB d	d.1, d.2	20*
3. Lehrjahr / 4. Quartal	18	Projekt	HKB c	c.1 – c.6	64*
3. Lehrjahr / 4. Quartal	18	Einstellungen und Messungen	HKB c	c.6	32*

*inkl. BIL (begleitetes individuelles Lernen)

Lernthema 5: Beurteilung Untergründe		
2. Lehrjahr Quartal 1	<p>Handlungskompetenzbereich: b. Planen und Vorbereiten der Montage und Installation von Solaranlagen</p> <p>Handlungskompetenzen: b.3 Übergänge planen und Schnittstellen zwischen der Montage und Installation von Solaranlagen und Arbeiten anderer Berufe koordinieren b.5 Untergrund beurteilen und für die Montage und Installation von Solaranlagen freigeben</p>	Anzahl Lektionen: 20 davon 3 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Auf einem Flachdach eines Einfamilienhauses im Mittelland (Baujahr 1978) soll eine Solaranlage installiert werden. Um die Langlebigkeit aber auch Sicherheits- und Haftungsrisiken auszuschliessen, müssen vor der Montage von Solaranlagen der Aufbau und Zustand des Daches aufgenommen werden. Auch müssen die Belastungen durch die Solaranlagen, Wind und Schnee beurteilt werden.</p>

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du bestimmst die verschiedenen Schichten von Steildächern, Flachdächern und Fassaden und beurteilst Schnittstellen und Übergänge für die Montage von Solaranlagen (K6) (b.3.1-b.3.3) • Du analysierst die Eignung von verschiedenen Untergründen und Tragwerken auf dem Steildach, Flachdach sowie an der Fassade für die Montage einer Solaranlage (K4) (b.5.1, b.5.2) • Du nennst verschiedene Kräfte, die auf eine Solaranlage einwirken, schätzt deren Auswirkung für unterschiedliche Standorte ein und erstellst einfache Berechnungen (K4) (b.5.3)

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	05.00 Einleitung	1
b.3.1 Einzelne Schichten an der Gebäudehülle bestimmen und ihre Funktion aufzeigen (K4) b.3.2 Schnittstellen und Übergänge beurteilen (K6) b.3.3 Probleme bei Schnittstellen und Übergängen erkennen und Massnahmen beschreiben (K4)	05.01 Aufbauten <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau Steildach: Tragkonstruktion, Verlegeunterlagen, Dampfbremse, Wärmedämmung, Unterdach, Hinterlüftungsebene, Eindeckung • Verschiedene Steildachaufbauten für die Montage von Solaranlagen beurteilen: nicht gedämmte oder gedämmte Dachkonstruktion (Schnittstellen, Übergänge), Probleme (zu wenig gedämmtes Dach, vorhandenes Deckmaterial hat die Lebensdauer erreicht) und Massnahmen (Dachsanierung, Ersatz des vorhandenen Deckmaterials) • Aufbau Flachdach: Tragkonstruktion, Verlegeunterlage, Dampfbremse, Wärmedämmung, Abdichtung, Schutz- und Nutzschiicht • Verschiedene Flachdachaufbauten für die Montage von Solaranlagen beurteilen: Warmdach, Umkehrdach oder hinterlüftetes Dach (Schnittstellen, Übergänge), Probleme (zu wenig gedämmtes Dach, vorhandene Abdichtung hat die Lebensdauer erreicht, statische Berechnung lässt Solaranlage nicht zu) und Massnahmen (Dachsanierung, Ersatz der vorhandenen Abdichtung) • Aufbau und Anforderungen Fassaden: Tragkonstruktion, Verlegeunterlage, Dampfbremse, Wärmedämmung, Windpapier, Hinterlüftung und Tragkonstruktion sowie Bekleidung 	6

	<ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene Fassadenaufbauten für die Montage von Solaranlagen beurteilen: Kompakt- oder hinterlüftete Fassade (Schnittstellen, Übergänge), Probleme (zu wenig gedämmter Fassadenaufbau, Bekleidung hat Lebensdauer erreicht, ungenügender Brandschutz) und Massnahmen (Fassadensanierung, Ersatz der vorhandenen Bekleidung, Brandschutzmassnahmen) 	
<p>b 5.1 Tragkonstruktionen, Untergründe bzw. Befestigungsgründe in Bezug auf Anforderungen und Lebenserwartungen für die Montage von Solaranlagen überprüfen (K4)</p> <p>b 5.2 Offensichtliche Mängel erkennen und deren Folgen beschreiben (K4)</p>	<p>05.02 Untergründe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beurteilung von verschiedenen Untergründen auf die Eignung für eine Montage einer Solaranlage • Aufdachanlage: Beurteilung von verschiedenen Deckmaterialien (Tonziegel, Betonziegel, Dachschiefer, Welleternitplatten) nach den Anforderungen der SIA 232/1 sowie bezüglich Lebenserwartungen • Indachanlagen: Beurteilung von verschiedenen Unterdächer (Unterdachfolien, Holzfaserplatten und Faserzementplatten) nach den Anforderungen der SIA 232/1) sowie bezüglich Lebenserwartungen • Flachdach: Beurteilung von verschiedenen Abdichtungsmaterialien (EPDM, Kunststoffbahnen oder bituminöse Abdichtungen) und Schutz- und Nuttschichten (Extensiv- oder Intensivbegrünung oder begehbare Flachdächer) nach den Anforderungen der SIA 271 sowie bezüglich Lebenserwartungen • Anlage an Fassaden: Beurteilung von verschiedenen Aufbauten wie Kompakt- oder Hinterlüfteten Fassaden nach den Anforderungen der SIA 232/2 sowie Lebenserwartung (zusätzlich Fassadenbahnen und Windpapiere) • Arbeits- oder Lagerplatz Vorbereitung auf bestehenden Gebäudehüllenteilen (Schutz von 	<p>6</p>

	Abdichtungsschichten auf dem Flachdach sowie Deckmaterialien auf dem Steildach)	
b 5.3 Einwirkende Kräfte analysieren (K4)	<p>05.03 Einwirkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einwirkung von Schneelasten auf dem Dach gem. SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke und Wegleitung Schneerückhaltevorrichtung • Anforderungen an Unterkonstruktion je nach Anlagenstandort (Tal oder Bergregion) • Auswirkung bei einseitiger Belastung vom Dach beim Abrutsch von Schnee auf einer Dachseite abschätzen • Einwirkung von Windkräften (Sog und Druck) auf dem Dach und den Fassaden kennen gem. SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke • Einfache Berechnungen mit Hilfe der Windlastkarte • Anforderungen an Unterkonstruktion auf dem Steildach • Anforderungen und Ballastierung auf dem Flachdach und einfache Berechnungen • Anforderungen an die Unterkonstruktion an Fassaden 	4
BIL		3

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
-	<ul style="list-style-type: none"> • Solarmontage, Gebäudehülle Schweiz, s. 21-27 • Photovoltaikanlagen, Christof Bucher, s. 287 • Auszüge SIA Normen 232, 261, 271 • Wegleitung Schneerückhaltevorrichtung GH Schweiz 	

Lernthema 6: Solaranlagen auf Flachdächern		
2. Lehrjahr Quartal 1	Handlungskompetenzbereich: c. Montieren und Installieren von Solaranlagen Handlungskompetenzen: c.1 Solaranlagen auf Flachdächern montieren	Anzahl Lektionen: 20 davon 3 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Situation 1: Auf dem Anbau eines bestehenden Einfamilienhauses soll eine Solaranlage montiert werden. Das Einfamilienhaus befindet sich im Berggebiet und wurde 1945 erbaut. Der Anbau wurde mit einem Flachdach im Jahr 2010 realisiert. Das Flachdach hat eine Grösse von 60m² und ist an der Westseite des bestehenden Gebäudes angebaut. Es ist mit Kies bedeckt. Die Dachkontrolle ist bereits erfolgt, so dass mit der Montage der Anlage begonnen werden kann.</p> <p>Situation 2: In einer Neubausiedlung mit fünf Einfamilienhäusern sollen auf den Flachdächern eine Solaranlage montiert werden, welche bifaziel vertikal montiert wird, um den Winterstrom optimaler einsetzen zu können. Die Häuser sind 2stöckig geplant. Die Dachflächen haben je eine Grösse von 180m² und sind gegen Süden ausgerichtet. Die Flachdächer sollen mit Substrat und einer Dachbegrünung begrünt werden.</p>

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du beschreibst verschiedene Modularten, Montagesysteme, Ballastierungen und Systemkomponenten für Flachdächer und vergleichst deren Eignung (K5) (c.1.1, c.1.2, c.1.6) • Du beurteilst die Ausrichtung und zeichnest Anordnungen von Modulen auf Flachdächern (K6) (c.1.5) • Du berechnest einfache Ballastierungsgewichte mit verschiedenen Materialien und beurteilst die Umsetzung gem. geltenden Normen (K6) (c.1.3) • Du beschreibst die Problematik der begrünnten Flachdächer im Zusammenhang mit Solaranlagen (K2) (c.1.2, c.1.6) • Du bestimmst, welches Sicherungssysteme ("Anseilschutz" bzw. "permanente Geländer/Seitenschutz") zum Einsatz kommt (K5) (c.1.6) • Du legst gem. geltenden Normen die korrekte Dachdurchdringung für die Leitungsführung fest und skizzierst diese korrekt auf (K5) (c.1.3, c.4.4)

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	06.00 Einleitung	<u>1</u>
<p>c.1.1 Eigenschaften und Funktionsweisen von unterschiedlichen Montagesystemen und Modulen auf Flachdächern beschreiben (K2)</p> <p>c.1.2 Eignung von unterschiedlichen Solaranlagen für Flachdächer für verschiedene Untergrundarten vergleichen (K4)</p> <p>c.1.5 Anordnung von Modulen auf Flachdächern beurteilen (K6)</p> <p>c.1.6 Einsatz und Anordnung von Systemkomponenten auf Flachdächern beschreiben und vergleichen (K4)</p>	<p>Situation 1:</p> <p>06.01 Ost-West-Ausrichtung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktionsprinzip von Solarzellen: Silizium-Zellen (Mono-/Polykristallin), Dünnschicht-Zellen • Solarmodule: Aufbau/Herstellung, Solarglas, Anschlüsse, Bauformen (gerahmt/rahmenlos Glas-Glas), Formate, Vor-/Nachteile • Elemente einer Solaranlage auf dem Dach: Generatoranschlusskasten, Überspannungsschutz, Modulwechselrichter (Systemkomponenten) • Solaranlagen Ost-West-Ausrichtung: Anordnung, Ausrichtung und Neigung von aufgeständerten Solaranlagen, Dachrandparallele Anlagen • Befestigungs-/Montagesysteme auf dem Flachdach Ost-West-Ausrichtung: Bestandteile und Materialien der Montagesysteme mit Schwerlastfundation wie Trägerplatten mit Schienensystem aus Aluminium, Wannensystem oder Blechprofile, Vorgaben und Vorgehen zur Montage von Schienen, Schienenverbindern, Dilatation, Verstreibungen/Versteifungen gemäss Herstellerangaben beurteilen. • Montage der Module: Kennenlernen der benötigten Werkzeuge und Anleitungen, Klemmbereiche, Drehmoment Modulklemmen, Vorgaben zu Abständen gemäss der Herstellerangaben 	<u>4</u>

	<p>Situation 2:</p> <p>06.02 Süd-Ausrichtung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solaranlagen Süd-Ausrichtung: Anordnung, Ausrichtung und Neigung von aufgeständerten Solaranlagen mit Dachbegrünung • PV-Anlage auf Gründächer; Problematik mit dem Grünwuchs und der Verschattung der Module, wichtige Ausführungspunkte wie Mindestabstand zur Substratfläche oder Kiesstreifen auf der tieferen Modulseite sowie Wartungsgänge zwischen den Modulen besprechen. • Befestigungssysteme auf dem Flachdach Süd-Ausrichtung: Bestandteile und Materialien der Montagesysteme mit aerodynamischen, verschraubten, (contec.fix) und bifaziel vertikal montierten Systemen. Vorgaben und Vorgehen zur Montage von Schienen, Schienenverbindern, Dilatation, Verstrebungen/Versteifungen gemäss Herstellerangaben beurteilen. • Regenwasserretention bei Flachdächern mit PV-Anlage erstellen. Kennenlernen der Möglichkeiten mit Wasserabläufen mit Drosselement, Speichermatten oder Dachexternen Retentionsbecken. 	<p><u>3</u></p>
<p>c.1.3 Anforderungen an Befestigungen und Untergrund gemäss Normen überprüfen (K4)</p> <p>c.1.4 Permanente Absturzsicherungssysteme im Zusammenhang mit Montagesysteme beschreiben (K2)</p> <p>c.4.4 Einsatz von Kabeltrassen und Kabelschutzrohren im Aussen- und Innenbereich bestimmen (K4)</p>	<p>Situation 1+2:</p> <p>06.03 Anforderung an Untergrund</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anforderungen an den Untergrund gemäss SIA 2062 beurteilen. • Ballastierung mit Betonplatten oder Kies (Vertiefung zu Lernthema 5 Untergründe): Richtige Ballastierungsmenge berechnen und prüfen. 	<p><u>3</u></p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Befestigung bei speziell hohen oder windanfälligen Objekten 	
	<p>06.04 Sicher zu Energie vom Dach</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorgaben und Normen zu Absturzsicherungen bei Dächern bis 10° Neigung • Einsatz von Seilsystemen • Abstände zu Seilführung • Abstände von Absturzkanten • maximale Höhe ohne Absturzsicherung • Empfehlungen zu Wartungsgängen • Vor- und Nachteile der beiden Sicherungssysteme "Anseilschutz" und "permanente Geländer/Seitenschutz" 	<u>4</u>
	<p>06.05 Durchdringungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmen der Durchdringungen von Leitungen gemäss SIA-Norm 271 durch verschiedene Dachschichten bei Flachdach Solaranlagen: Abdichtungsschichten (bituminös und Kunststofffolien), Wärmedämmung (PUR, EPS, Steinwolle) sowie Dampfbremse (bituminös und Kunststofffolien) 	<u>3</u>
BIL		<u>3</u>

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> • Solarmontage, Gebäudehülle Schweiz • Photovoltaikanlagen, Christof Bucher • SIA-Norm 2062 und 271 • Merkblatt Suva "Sicher zu Energie vom Dach" 	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation einer im Betrieb umgesetzten Flachdachanlage inkl. des vorhandenen Schichtaufbaus.

Lernthema 7: Solaranlagen auf Steildächern		
2. Lehrjahr Quartal 2 und 3	Handlungskompetenzbereich: c. Montieren und Installieren von Solaranlagen Handlungskompetenzen: c.2. Solaranlagen auf geeigneten Dachflächen montieren c.4 Leitungsführung für Solaranlagen erstellen sowie Kabel verlegen und anschliessen	Anzahl Lektionen: 40 davon 4 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Situation 1: Die Eigentümerschaft eines Einfamilienhauses hat sich ein Elektroauto angeschafft und möchte dieses zukünftig mithilfe einer eigenen Solaranlage laden. Auf dem bestehenden Steildach ist deshalb eine Aufdachanlage geplant. Es handelt sich um ein Steildach auf der Südseite eines Wohnhauses, welches im Mittelland steht und mit Tonziegel eingedeckt ist. Geplant ist eine Anlage mit einem zweilagigen Schienensystem auf der ganzen Dachfläche.</p> <p>Situation 2: Im Nachbardorf wird ein neues Einfamilienhaus gebaut. Statt einer klassischen Eindeckung ist eine Indach Solaranlage projektiert. Das Dach ist Ost-West ausgerichtet und umfasst 160 m². Es ist eine Solaranlage mit ungerahmten Standardmodule vorgesehen und die vorhandenen Dunstrohrdurchdringung wird mit Blindmodulen ergänzt.</p>

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du beschreibst verschiedene Unterkonstruktionsarten, Befestigungssystem, Module und Systemkomponenten (gerahmt, ungerahmt, Solarziegel) für Auf- und Indachanlagen, deren Vor- und Nachteile und Montage (K2) (c.2.1, c.2.4) • Du beurteilst verschiedene Unterkonstruktionsarten, Befestigungssysteme sowie Modularten für unterschiedliche Dachsituationen unter Berücksichtigung der Vorgaben/Normen (K6) (c.2.2, c.2.4) • Du beurteilst und zeichnest die Anordnung von Aufdach- und Indachanlagen (K6) (c.2.6, c.2.7, c.2.8) • Du beschreibst bei Auf- und Indachanlagen verschiedene Anschlussmöglichkeiten von unterschiedlichen Materialien bei Dachdurchdringungen der Leitungsführung und skizzieren diese korrekt auf (K3) (c.4.4)

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	07.00 Einleitung	1
<p>c.2.1 Eigenschaften und Funktionsweisen von unterschiedlichen Unterkonstruktionen und Modulen auf geneigten Dachflächen beschreiben (K2)</p> <p>c.2.2 Eignung von unterschiedlichen Solaranlagen für geneigte Dachflächen für verschiedene Untergrundarten vergleichen (K4)</p> <p>c.2.4 Anforderungen an Befestigungen und Untergrund gemäss Normen überprüfen (K4)</p>	<p>Situation 1:</p> <p>07.01 Aufdachanlagen 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unterkonstruktionsarten: Schienenlose- oder Kurzschiementragkonstruktion, einlagiges- oder zweilagiges Schienensystem • Befestigung der Module am Montagesystem: geschraubt, geklemmt oder eingelegt • Verschiedenen Deckmaterialien und Anwendung zu passenden Montagesystemen: Ton- und Betonziegel, Faserzementdachschiefer, Faserzementwellplatten, Falz- und Trapezblech oder Sandwichpaneelen • Befestigungstechnik für das vorhandene Deckmaterial bestimmen: Dachhacken, Stockschrauben, Klemmen, Nieten oder Kleben <p>Situation 2:</p> <p>Indachanlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionierung der Hinterlüftungsebene zwischen Unterdach und PV-Anlage sowie der Zu- und Abluftöffnungen gemäss SIA 232/1 • Montagesysteme für gerahmte Standardmodule • Montagesysteme für ungerahmte Standardmodule • Solarziegel und Sondersysteme wie PV-Schindeln oder an Ziegelformat angepasste Module 	13
c.2.6 Anordnung von integrierten Modulen auf geneigten Dachflächen beurteilen (K6)	<p>Situation 1:</p> <p>07.02 Aufdachanlagen 2</p>	16

<p>c.2.7 Anordnung von aufgesetzten oder angebauten Modulen auf geneigten Dachflächen beurteilen (K6)</p> <p>c.2.8 Einsatz und Anordnung von Systemkomponenten auf geneigten Dachflächen beschreiben und vergleichen (K4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anordnung der Unterkonstruktion und PV-Modulen bei verschatteten Stellen auf dem Dach • Planung von Übergängen: Unterhalb-, seitlich- und oberhalb von Solaranlagen (inkl. skizzieren) • Planung und Erstellung Schneefang gemäss der SIA-Norm 261 und Merkblatt Schneerückhaltevorrichtung • Planung und Erstellung Absturzsicherung gemäss Vorschrift der BauAv <p>Verschiedene Fallbeispiele durcharbeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fall 1: Steildach EFH, Ausrichtung Süd, Standort Mittelland, Dachneigung 30°, Deckmaterial Tonziegel, Alter vom Dach 5 Jahre • Fall 2: Steildach Scheune, Ausrichtung Ost-West, Standort Berner Oberland, Dachneigung 20°, Deckmaterial Faserzementwellplatten, Alter vom Dach 15 Jahre • Fall 3: Steildach Industriegebäude, Ausrichtung Süd-Ost, Standort Glarnerland (Föhngebiet), Dachneigung 25°, Deckmaterial Trapezblech, Alter vom Dach 10 Jahre <p>Situation 2: Indachanlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beurteilung der Mindestdachneigung der PV-Module je nach Herstellerangaben der gerahmten und ungerahmten Modulhersteller. • Dimensionierung der Hinterlüftungsebene zwischen Unterdach und PV-Anlage sowie der Zu- und Abluftöffnungen gemäss SIA 232/1 	
---	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Lösungen für Anschlüsse zu Dachdurchdringungen oder Aufbauten: Dunstrohre, Kamine, Dachfenster und Lüftungen • Einsatz von Blindmodulen bei verschatteten Stellen auf dem Dach • Planung und Erstellung Schneefang gemäss der SIA-Norm 261 und Merkblatt Schneerückhaltevorrichtung • Planung und Erstellung Absturzsicherung gemäss Vorschrift der BauAv <p>Verschiedene Fallbeispiele durcharbeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fall1: Neubau Steildach EFH, Ausrichtung Süd, Standort Mittelland, Dachneigung 10°, Unterdach Holzfaserplatte mit Unterdachfolie • Fall2: Neubau Steildach Scheune, Ausrichtung Ost-West, Standort Berner Oberland, Dachneigung 25°, Unterdach Holzschalung mit Folie • Fall3: Neubau Steildach Industriegebäude, Ausrichtung Süd-Ost, Standort Glarnerland (Föhngebiet), Dachneigung 18°, Unterdach Faserzementplattenunterdach 	
<p>c.4.4 Einsatz von Kabeltrassen und Kabelschutzrohren im Aussen- und Innenbereich bestimmen (K4)</p>	<p>Situation 1:</p> <p>07.03 Bestimmung der Durchdringungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung der Durchdringungen von Leitungen gemäss SIA-Norm 232/1 durch verschiedene Deckmaterialien bei Aufdachanlagen: Ton- und Betonziegel, Faserzementdachschiefer, Faserzementwellplatten, Falz- und Trapezblech oder Sandwichpaneelen 	<p><u>6</u></p>

	Situation 2: <ul style="list-style-type: none"> Bestimmung der Durchdringungen von Leitungen gemäss SIA-Norm 232/1 durch verschiedene Dachschichten bei Indachanlagen: Unterdächer (Folien und Platten), Wärmedämmung (Aufdach- und Zwischensparrendämmung) sowie Dampfbremsen 	
BIL		<u>4</u>

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> Photovoltaikanlagen, Christof Bucher, s. 290-303 Solarmontage, Gebäudehülle Schweiz Merkblatt "Absturzsicherung auf geneigten Dächer", Gebäudehülle Schweiz Auszüge SIA Normen 232 und BauAv Merkblatt Schneerückhaltevorrichtung 	Dokumentation einer im Betrieb umgesetzten Aufdach- und /oder Indachanlage

Lernthema 8: Arbeitsvorbereitung		
2. Lehrjahr Quartal 2 und 2	<p>Handlungskompetenzbereich: b. Planen und Vorbereiten der Montage und Installation von Solaranlagen</p> <p>Handlungskompetenzen: b.1 Auftragsdokumentation zur Montage und Installation von Solaranlagen prüfen und Arbeiten planen b.2. Materialien und Arbeitsgeräte zur Montage und Installation von Solaranlagen kontrollieren und bereitstellen b.3. Übergänge planen und Schnittstellen zwischen der Montage und Installation von Solaranlagen und Arbeiten anderer Berufe koordinieren b.4 Arbeitsplatz für die Montage und Installation von Solaranlagen einrichten</p>	Anzahl Lektionen: 40 davon 5 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Situation 1: Auf dem Anbau eines bestehenden Einfamilienhauses soll eine Solaranlage montiert werden. Das Einfamilienhaus befindet sich im Berggebiet und wurde 1945 erbaut. Der Anbau wurde mit einem Flachdach im Jahr 2010 realisiert. Das Flachdach hat eine Grösse von 60m² und ist an der Westseite des bestehenden Gebäudes angebaut. Es ist mit Kies bedeckt. Die Arbeiten sind nun gemäss Dachlayout, Strangplan und Prinzipschema zu planen.</p> <p>Situation 2: Die Eigentümerschaft eines Einfamilienhauses hat sich ein Elektroauto angeschafft und möchte dieses zukünftig mithilfe einer eigenen Solaranlage laden. Auf dem bestehenden Steildach ist deshalb eine Aufdachanlage geplant. Es handelt sich um ein Steildach auf der Südseite eines Wohnhauses, welches im Mittelland steht und mit Tonziegel eingedeckt ist. Geplant ist eine Anlage mit einem zweilagigen Schienensystem auf der ganzen Dachfläche. Aufgrund der entsprechenden Auftragsdokumentation werden Materialien und Arbeitsgeräte geprüft und bereitgestellt.</p> <p>Situation 3: Im Nachbardorf wird ein neues Einfamilienhaus gebaut. Statt einer klassischen Eindeckung ist eine Indach Solaranlage projektiert. Das Dach ist Ost-West ausgerichtet und umfasst 160 m². Es ist eine Solaranlage mit ungerahmten Standardmodule vorgesehen und die vorhandenen Dunstrohrdurchdringung wird mit Blindmodulen ergänzt. Da es sich um einen Neubau handelt, bestehen bereits Baustelleneinrichtungen. Diese müssen im Hinblick auf die Montage und Installation der Solaranlage geprüft und ergänzt werden.</p>

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du liest die wesentlichen Informationen aus Dachlayout, Strangplan und Prinzipschema heraus und erstellst entsprechende Arbeitsplanungen (K3) (b.1.1, b.1.2, b.4.7) • Du interpretierst gesetzliche Grundlagen, Normen, Richtlinien und Anleitungen für die Planung und beschreibst mögliche Massnahmen/Anpassungen (K5) (b.1.3, b.1.4) • Du kennst die Normen für Absturzsicherungen und wendest diese beim Einteilen der Module auf dem Dach korrekt an (K3) (b.3.4) • Du beurteilst die zur Verfügung stehende Dachfläche und kannst die benötigte Modulfläche korrekt einmessen (K6) (b.4.6), b.4.7) • Du prüfst bzw. erstellst Materiallisten und Listen für benötigte Arbeitsgeräte für die Montage und Installation von Solaranlagen (K4) (b.2.1-b.2.3) • Du beurteilst Baustellen und Arbeitsplätze in Bezug auf Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltschutz (K6) (b.4.1-b.4.5)

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	08.00 Einleitung	<u>1</u>
b.1.1 Auftragsdokumentation, Verlege- und Strangpläne sowie Schemata interpretieren (K4) b.1.2 Montage- und Installationsablauf beschreiben und Arbeitsplanung erstellen (K3) b.1.3 Gesetzliche Grundlagen, Normen, Richtlinien und Anleitungen für die Planung interpretieren (K4) b.1.4 Brandschutznormen und -richtlinien für die Planung und Vorbereitung interpretieren (K4) b.3.4 Auswirkungen der permanenten Absturzsicherung auf die Modulanordnung beurteilen (K6) b.4.6 Flächen und Details skizzieren und Berechnungen ausführen (K3)	Situation 1: 08.01 Grundsätze Solaranlage <ul style="list-style-type: none"> • anhand Solaranlage auf Flachdach erarbeiten (Vertiefung/Transfer mit Fallbeispielen auf Steildach): • Interpretation und lesen der Dokumentationen: <ul style="list-style-type: none"> - Dachlayout, Strangplan und Prinzipschema - einfache Berechnungen von Spannung, Strom und Leistung in Strängen - Beschwerungsplan - Dachhakenplan - Sicherheitskonzept / Plan Absturzsicherungen • Schematische Darstellungen erstellen / ergänzen 	<u>12</u>

<p>b.4.7 Einfache schematische Darstellungen von Solaranlagen erstellen (K3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Handskizzierte Dachlayout (Flächen skizzieren und berechnen; Details aufzeichnen, Querschnittangaben berechnen, Massstabumrechnungen) - Vorgehen zum Einmessen von Solaranlagen - Ergänzung von Strangverkabelung - Kontrolle und Ergänzung von Prinzipschema - Skizzieren von Änderungen • Auf das Objekt bezogenen Montage- und Installationsablauf erstellen <ul style="list-style-type: none"> - Erstellen von Arbeitsablauf mit Rücksicht auf die anderen Gewerke (gem. Vorlage Arbeitsplanung QV) • Berücksichtigung der Normen, Richtlinien und Anleitungen: <ul style="list-style-type: none"> - Wind- und Schneelasten nach SIA - Statikpläne - Exemplarische Verlegeanleitungen verschiedener Installationsmaterialien und Herstellerangaben (Ziel: relevante Informationen finden) - Niederspannungsinstallationsverordnung NIV - Niederspannungs- Installationsnorm NIN • Interpretation der Brandschutznormen für: <ul style="list-style-type: none"> - Beurteilung von Montageuntergrund betreffend Brandlast - Abstände zu brennbaren Materialien berücksichtigen 	
--	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung Absturzsicherung <ul style="list-style-type: none"> - Installationsanleitung und Montageanleitung von Systemen (exemplarisch) - Auswirkungen der Absturzsicherung auf den Modulplan - Interpretation und korrekte Umsetzung von vorgegebenen Sicherheitskonzept <p>Verschiedene Fallbeispiele für Anlagen auf Flachdach, Aufdach- und Indachanlagen durcharbeiten (vgl. Lernthemen Flachdach und Steildach)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsplanung erstellen (gem. Vorlage QV) • Beurteilung von Normen, Absturzsicherungen – Anpassungen vorschlagen / skizzieren • Solaranlagen einmessen 	
<p>b.2.1 Eigenschaften und Funktionsweisen von Materialien sowie Arbeitsgeräten erklären und deren Einsatz vergleichen (K4)</p> <p>b.2.2 Einfache Messungen durchführen und mögliche Gefährdungen erkennen (K4)</p> <p>b.2.3 Grundsätze für Lagerung und Schutz von Werkzeugen und Materialien erklären (K2)</p>	<p>Situation 2:</p> <p>08.02 Grundsätze anhand Materialliste</p> <ul style="list-style-type: none"> • (gem. Vorlage QV) und Werkzeugliste für Solaranlage auf Steildach (Aufdach) erarbeiten (Vertiefung/Transfer mit Fallbeispielen auf Flachdach / Indach): • Materialeigenschaften <ul style="list-style-type: none"> - Elektrochemische Korrosion - UV-Beständigkeit, Kältebeständigkeit, Feuchtebeständigkeit • Arbeitsgeräte, Handwerkzeug und Hilfsmittel <ul style="list-style-type: none"> - Einmessen vom Modulfeld und Unterkonstruktion - Persönliche Arbeitssicherheit • Schutz vor: <ul style="list-style-type: none"> - Feuchtigkeit, Nässe und Sonneneinstrahlung 	<p>11</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Beschädigungen - Diebstahl • Gefährdungen <ul style="list-style-type: none"> - Gefährdung durch Elektrizität - Folgen von Handlungen erkennen - Anwendung der 5+5 Sicherheitsregeln - Spannungsprüfer nach EN 61243-3 - Strommessung bei den Strängen - Beurteilung von zu erwartendem Messresultat - Messung Polarität und Leerlaufspannung <p>Verschiedene Fallbeispiele durcharbeiten für Flachdach und Steildach (vgl. Lernthemen Flachdach und Steildach):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materialliste prüfen bzw. erstellen (gem. Vorlage Materialliste QV) • Liste der nötigen Werkzeuge und Maschinen prüfen bzw. erstellen 	
<p>b.4.1 Einrichtung von Arbeitsplatz und Materiallager für die Arbeiten planen (K3)</p> <p>b.4.2 Normen und Vorschriften des Umweltschutzes interpretieren (K4)</p> <p>b.4.3 Massnahmen zur Vermeidung und Verminderung von Abfällen beschreiben (K2)</p> <p>b.4.4 Zuordnung der Reststoffe und Recyclingprodukte bezüglich Weiterverwendung beurteilen (K6)</p> <p>b.4.5 Arbeitsplatz und Materiallager für Montage- und Installationsarbeiten von Solaranlagen in Bezug auf Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz beurteilen und bei Bedarf Massnahmen ableiten (K6)</p>	<p>Situation 3:</p> <p>08.03 Grundsätze Baustelleneinrichtung</p> <ul style="list-style-type: none"> • zu Lagerung, Umweltschutz und Arbeitssicherheit-/Gesundheitsschutz (Vertiefung) erarbeiten: • Lagerplatz für Material <ul style="list-style-type: none"> - Lagerplatz definieren in Absprache mit Bauleitung - Sinnvolle Platzwahl, welche die Arbeit erleichtert - Lagerplan richtig interpretieren und Beurteilung, ob Umsetzung möglich ist • Umweltschutz <ul style="list-style-type: none"> - Gewässerschutz und Lärmschutz - Blendwirkung 	<p>11</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Abfallvermeidung <ul style="list-style-type: none"> - Ressourcenschonendes Arbeiten • Arbeitssicherheit (Vertiefung aus 1. LJ) <ul style="list-style-type: none"> - Absturzsicherung beurteilen im Bezug zur Solaranlage - Fehlerhafte Installationen erkennen und Massnahmen einleiten <p>Verschiedene Fallbeispiele durcharbeiten für Flachdach und Steildach (vgl. Lernthemen Montage Flachdach, Steildach):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beurteilung der Baustelleneinrichtung • Beurteilung der Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltschutz 	
BIL		<u>5</u>

Spezielle Arbeitsformen	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> • SUVA-Broschüre «Solaranlagen sicher montieren und Instandhalten» • Lehrstoff NIV14 PV, Energieakademie Toggenburg • Fachbuch Photovoltaik, Energieakademie Toggenburg • Photovoltaikanlagen, Christoph Bucher • Grundlagenbuch Gebäudehülle Schweiz 	

Lernthema 9: Spezielle Solaranlagen		
2. Lehrjahr Quartal 4	Handlungskompetenzbereich: c. Montieren und Installieren von Solaranlagen Handlungskompetenzen: c.3 Solaranlagen an Fassaden, angebaut an Gebäuden oder freistehend montieren	Anzahl Lektionen: 30 davon 3 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Situation 1: Bei einem Neubau plant der Architekt eine integrierte Fassadenanlage. Es handelt sich dabei um ein Wohngebäude mit 2 Stockwerken in einem städtischen Gebiet. Die Anlage wird auf der südlichen / westlichen Fassade sowie den Balkonbrüstungen im oberen Teil des Wohngebäudes installiert.</p> <p>Situation 2: Ein Landwirt, welcher sich auf den Gemüse- und Beerenanbau spezialisiert hat, möchte eine Solaranlage realisieren. Da sich das vorhandene Steildach auf dem Wohnhaus infolge einer falschen Dachausrichtung und vieler vorhandener Einbauten nicht als Montageort für eine Solaranlage eignet, ist eine Anlage an einer Hanglage vorgesehen.</p>

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du beschreibst verschiedene Unterkonstruktionsarten und Befestigungssystem für Anlagen an Fassaden, angebaut an Gebäuden und freistehende Anlagen und die Montage (K2) (c.3.1-c.3.3, c.4.4) • Du beurteilst verschiedene Unterkonstruktionsarten, Befestigungssysteme sowie Modularten für unterschiedliche Solaranlagen an Fassaden, angebaut an Gebäuden und freistehende Anlagen (K6) (c.3.1-c.3.3, c.4.4) • Du beurteilst die Anordnung von Anlagen an Fassaden, angebaut an Gebäuden und freistehenden Anlagen (K6) (c.3.5, c.3.6) • Du beschreibst bei Anlagen an Fassaden, angebaut an Gebäuden und freistehenden Anlagen verschiedene Anschlussmöglichkeiten von unterschiedlichen Materialien bei Durchdringungen der Leitungsführung und skizzieren diese korrekt auf (K3) (c.3.5, c.3.6)

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	09.00 Einleitung	<u>1</u>
<p>c.3.1 Eigenschaften und Funktionsweisen von unterschiedlichen Montagesystemen und Modulen an Fassaden, angebaut an Gebäuden oder freistehend beschreiben (K2)</p> <p>c.3.2 Eignung von unterschiedlichen Solaranlagen für Fassaden, angebaut an Gebäuden oder freistehend vergleichen (K4)</p> <p>c.3.3 Anforderungen an Befestigungen und Untergrund gemäss Normen überprüfen (K4)</p> <p>c.4.4 Einsatz von Kabeltrassen und Kabelschutzrohren im Aussen- und Innenbereich bestimmen (K4)</p>	<p>Situation 1:</p> <p>09.01 Integrierte Solaranlagen an Fassaden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unterschiedliche Montagesysteme und Anforderungen an Untergrund: Integriert und vorgehängt • Verschiedene Montagemöglichkeiten an der Fassade: geklebte Systeme, Klemmhalter für gerahmte und ungerahmte Module, geschuppte Systeme, punktgehaltene Systeme oder Einlegesysteme • Kabelführung bei Fassadenanlagen: Optimale Anordnung der Kabel sowie Bestimmung der Durchbrüchen ins Gebäudeinnere gem. SIA 232/2 (nötige Abdichtungen) • Anforderungen der Brandschutznormen an PV-Anlagen an der Fassade gemäss Merkblatt "Brandschutz für hinterlüftete Photovoltaikanlagen an Fassaden" und "Stand-der-Technik-Papier zu VKF Brandschutzmerkblatt Solaranlagen" von Swissolar <p>09.02 Angebaute Solaranlage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene Montagemöglichkeiten angebaut: (Carports, Überkopfverglasung, Balkon, Geländer, Brüstungen) • Verschiedene Montagemöglichkeiten für angebaute Solaranlagen: geklemmt oder mit Einlegehaken 	<p><u>9</u></p> <p><u>5</u></p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Anforderungen an den Untergrund: Druckfestigkeit, Montagemöglichkeit und optische Gebrauch Tauglichkeit. • Kabelführung bei angebauten Anlagen: Optimale Anordnung der Kabel sowie Bestimmung der Durchbrüche ins Gebäudeinnere gem. SIA 232/2 (nötige Abdichtungen) <p>Situation 2:</p> <p>09.03 Freistehende Solaranlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene Montagemöglichkeiten freistehend: (Agrar-Anlagen, Standardanlagen im freien aufgestellt, schwimmende Anlagen und Anlagen an Seilsystemen) • Verschiedene Montagemöglichkeiten für freistehende Solaranlagen: Auf Schwerlastkonstruktionen, auf speziellen Agrar-Anlagen, schwimmenden Plattformen und Seilunterkonstruktionen • Anforderungen an den Untergrund: Beurteilen der Untergründe auf Tragfähigkeit gemäss den der Herstellerangaben der Spezialanlagen. • Kabelführung bei freistehenden Anlagen: Optimale Anordnung und Führung der Kabel sowie Bestimmung der Durchbrüche ins Gebäudeinnere (nötige Abdichtungen) SIA 232/1 und 232/2 	<u>4</u>
<p>c.3.5 Anordnung von Modulen an Fassaden, angebaut an Gebäuden oder freistehend beurteilen (K6)</p> <p>c.3.6 Einsatz und Anordnung von Systemkomponenten an Fassaden, angebaut an Gebäuden oder freistehend beschreiben und vergleichen (K4)</p>	<p>Situation 1:</p> <p>09.04 Integrierte Anlagen an Fassaden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausrichtung und Sonnenstand (Sommer/Winter), optischen Aspekten sowie Einbezug der Umgebung (Nachbarhäuser und Verschattungen durch Bäume oder Sträucher) 	<u>5</u>

	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionierung Hinterlüftung inkl. Zu- und Abluftöffnungen bei integrierten PV-Anlagen an der Fassade gemäss SIA 232/2. • Anordnen und Einteilen von Systemkomponenten • Skizzieren von Anschluss- und Übergangsdetails am Fassadenfuss, Fenster und oberen Fassadenabschluss Verschiedene Fallbeispiele durcharbeiten und vergleichen (sinnvoll, technisch korrekt, optisch schön in vorgegebenen Fassaden): • Fall 1: Ausrichtung Süd mit Fassadenanlage integriert • Fall 2: Ausrichtung Ost- / West mit Fassadenanlage vorgehängt • Fall 3: Ausrichtung Süd mit Balkongeländeranlage <p>Situation 2: 09.05 Freistehende Anlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anordnen von Modulen sowie Systemkomponenten auf Freianlagen wie Parkplatzüberdachung, Obstbaumanlagen, Gewässer, Hanglagen und begehbare und befahrbare Flächen. • Vergleichen von möglichen Einsatzgebieten wie Carports und Unterstände, Überkopfverglasungen, Geländer- und Brüstungen, Infrastrukturbauten sowie Freiflächenanlagen bezüglich Anlagenleistung, Ertrag, Kosten und optische Erscheinung. Benennen der Vor- und Nachteile der einzelnen Installationsmöglichkeiten. 	<p><u>3</u></p>
BIL		<p><u>3</u></p>

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> • Photovoltaikanlagen, Christof Bucher, s. 311-326 • Solarmontage, Gebäudehülle Schweiz, s. 73-81 • Brandschutz für hinterlüftete Photovoltaikanlagen an Fassaden, Swissolar • Stand-der-Technik-Papier zu VKF Brandschutzmerkblatt Solaranlagen, Swissolar 	

Lernthema 10: DC-Leitungsführung		
2. Lehrjahr Quartal 4	<p>Handlungskompetenzbereich: c. Montieren und Installieren von Solaranlagen</p> <p>Handlungskompetenzen: c.4 Leitungsführung für Solaranlagen erstellen sowie Kabel verlegen und anschliessen</p>	Anzahl Lektionen: 18 davon 2 BIL

Berufliche Arbeitssituation
Auf einer Dachfläche eines Einfamilienhauses wird eine Solaranlage montiert. Die Installationsarbeiten erfolgen auf der Basis des Installationsplans und dem Prinzipschema. Dabei sollen geeignete Betriebsmittel eingesetzt werden.

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du interpretierst elektrische Strangpläne und Prinzipschemas (K5) (c.4.1) • Du beurteilst die geplante Leitungsführung auf Einhaltung gemäss geltenden Normen (K6) (c.4.3) • Du überprüfst verschiedene eingesetzte Betriebsmittel auf deren Tauglichkeit gemäss geltenden Normen (K4) (c.4.4, c.4.6-c.4.9)

	<ul style="list-style-type: none"> - UV-Licht - mechanische Einflüsse • Materialien für Aussen- und Innenbereich: <ul style="list-style-type: none"> - IP-Schutz - Korrosionsbeständigkeit • Rohrgrösse: <ul style="list-style-type: none"> - Anzahl Leiter - Auswechselbarkeit - Einziehen ohne Beschädigung • Mögliche Rohrarten <ul style="list-style-type: none"> - Rohre aus Kunststoff - Rohre aus Metall - Formteile wie Bogen oder Verbindungsmuffen <p>10.04 Steckertypen und Installation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multi Contact • Weidmüller • Phoenix • Anleitungen • Problematik Kreuzverbindungen, Mischung von verschiedenen Typen • Geltende Normierung gemäss NIN • Herstellerangaben beachten • Lösungen in der Praxis <p>10.05 Kabelanschluss</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anschluss an Solargenerator • Montage und Befestigung der Steckkontakte • Beachtung der Montageanleitung und der Normen <p>10.06 Kabelverlegung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Möglichkeiten für Kabeleinzug 	<p><u>2</u></p> <p><u>2</u></p> <p><u>2</u></p>
--	--	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Erkennen von Gefahren einer Beschädigung • Beachtung von äusseren Einflüssen • Trennung zu anderen Stromkreisen • EMV-Problematik, vermeiden von Leiterschlaufen • Anschluss an Wechselrichter gesteckt oder mit Direktanschluss 	
	10.07 Dimension der Leitungen <ul style="list-style-type: none"> • Definition Querschnitt mit Hilfstabellen • Beachten der Normen • Materialwahl und Möglichkeiten 	<u>2</u>
BIL		<u>2</u>

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrstoff NIV14 PV, Energieakademie Toggenburg • Photovoltaikanlagen, Christof Bucher • Broschüre Lieferanten (z.B. Plica, Bettermann) • Installationsanleitung Modulhersteller • Installationsanleitung Wechselrichterhersteller • Montageanleitung Steckerhersteller 	Dokumentation einer Leitungsführung bei einem Objekt aus der Praxis. Die Leitungsführung soll mit Planunterlagen verständlich geplant und dokumentiert sein.

Lernthema 11: DC-Installationen		
3. Lehrjahr Quartal 1	<p>Handlungskompetenzbereich: c. Montieren und Installieren von Solaranlagen</p> <p>Handlungskompetenzen: c.4 Leitungsführung für Solaranlagen erstellen sowie Kabel verlegen und anschliessen c.5 Speicherlösungen zu Solaranlagen montieren und anschliessen</p>	Anzahl Lektionen: 34 davon 3 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Auf einem Neubau eines Einfamilienhauses wird eine integrierte Solaranlage mit 60 m² erstellt. Die Montagearbeiten sind mehrheitlich abgeschlossen. Nun stehen die Installationsarbeiten ab Generator bis Wechselrichter sowie die Installation eines dazugehörigen Speichersystems an. Dazu muss in einem ersten Schritt die DC-seitige Installation der Anlage geplant und entsprechend dokumentiert werden. Über die Installationen ab Generator bis zum Wechselrichter, sowie eines dazugehörigen Energiespeichers ist ein einfaches Prinzipschema¹ zu erstellen. Alle vorhandenen Betriebsmittel sind zu dokumentieren.</p>

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du dokumentierst den Aufbau und die Funktion der Betriebsmittel einer DC-Installation (K3) (c.4.10) • Du führst einfache Berechnungen für die Verschaltung von Modulen und den Anschluss an den Wechselrichter aus (K3) (c.4.10) • Du beurteilst die Installation von Speichersystemen sowie Wechselrichtern und Solargeneratoren anhand eines Prinzipschemas und einer Installationsanleitung gemäss gültigen Normen und Richtlinien (K6) (c.4.11) • Du zeigst die unterschiedlichen Systemarten von Stromspeichern, deren Vor- und Nachteile sowie Anwendungsbereiche auf (K2) (c.5.1, c.5.2, c.5.4, c.5.5) • Du beurteilst anhand von Leistungskurven oder Statusmeldungen die korrekte Systemkonfiguration und Installation eines Speichersystems und bestimmst mögliche Fehlerquellen (K6) (c.5.5)

¹ Prinzipschema gleichbedeutend zu Schaltschema

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	11.00 Einstieg	1
<p>c.4.10 Funktionsweise und Anforderungen von Anschluss an Wechselrichter, Solargenerator und Systemkomponenten inklusive Leitungen und Überspannungsschutz auf Gleichstrom erläutern (K2)</p> <p>c.4.11 Montage und Anschlüsse von Wechselrichter, Solargeneratoren und Systemkomponenten beurteilen (K6)</p> <p>c.5.1 Funktionsweise und Anforderungen an Speichersystemen erläutern (K2)</p> <p>c.5.2 Anforderungen und Normen für die Auswahl von Gleichstromkabel und Leitungen für den Anschluss des Speichers erläutern (K2)</p> <p>c.5.4 Anforderungen und Normen betreffende der Montage von Speichersystemen erläutern (K2)</p> <p>c.5.5 Montage und Anschluss von Speichersystemen mit Gleichstrom- sowie Wechselstrom-Koppelung beurteilen (K6)</p>	<p>11.01 Grundlagen ohm'sches Gesetz</p> <ul style="list-style-type: none"> • inklusive Berechnungen • Stromkreis mit Spannung, Strom, Widerstand • Atomaufbau • Schaltungen Serie, Parallel, Gemischt <p>11.02 Grundlagen Leitungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • inklusive Berechnungen • Material, Spezifischer Widerstand • Querschnitt, Länge • Spannungsfall, Leistungsverlust <p>11.03 Energie und Leistung</p> <ul style="list-style-type: none"> • inklusive Berechnungen • Arten von Energien • Leistungs- / Energieangebot der Sonne • Ertragsminderungen durch z.B. Verschattung, Ausrichtung, etc. • Erweitertes ohm'sches Gesetz • Wirkungsgrad • Typenschilder • Verluste auf Leitungen, in WR • Thermische und mechanische Energie • Energietarife <p>11.04 Komponenten einer PV-Anlage</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Funktion, Datenblätter, Herstellerangaben beachten) • Generatoren inkl. Verschaltung (Strang) • Strang vs. Leistungsoptimierer • Leitungen, Kabel 	<p>8</p> <p>3</p> <p>6</p> <p>4</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Wechselrichter • Batterien • GAK mit Überspannungsschutz, LS, etc. • DC-Schalter • Prinzipschema lesen inkl. Strangverschaltung • Blitzschutz erwähnen • Speicher erwähnen <p>11.05 Einsatzbereiche Speichersysteme</p> <ul style="list-style-type: none"> • Notstromversorgung <ul style="list-style-type: none"> - Anwendungsfälle - Was sind die Grenzen eines Notstromsystems - Eigenverbrauchsoptimierung - Ökonomischer Anreiz - Ökologischer Anreiz - Peak-Shaving - Was ist Peak-Shaving und wozu wird es eingesetzt • Wie werden Stromspeicher grundsätzlich unterschieden <ul style="list-style-type: none"> - Vorteile DC-Speichersystem, Vorteile AC-Speichersystem, Gesamtsysteme vs. Hybrid-Wechselrichter • Welche Eigenschaften weisen Batterien auf, und wo wird auf welche Eigenschaften Wert gelegt <ul style="list-style-type: none"> - Volumetrische, Gravimetrische Energiedichte - Vergleich Hausspeicher mit Elektroauto - Mögliche C-Raten, gebräuchliche C-Raten - Temperaturbereich, was passiert in einem Akku bei zu hoher/niedriger Temperatur - Sicherheit 	<p>3</p>
--	--	-----------------

	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsweise Akkumulator allgemein: <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen der Elektrochemie - Unterscheidung Primär- und Sekundärzelle • Funktionsweise Speichersystem in EEA <ul style="list-style-type: none"> - Unterscheidung und Aufgaben des Batteriemanagementsystem (BMS) bzw. des Energiemanagementsystem (EMS) - Messung des Netzverknüpfungspunktes, mögliche Fehlerquellen - Falsche Energieflussrichtung (Stromwandler) - Stromwandler im Leerlauf - Unterschiede Funktionsweise AC-/DC- Systeme <p>11.06 Anforderungen an Gleichstrom- und Kommunikationskabel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gemäss Installationsanleitungen und Normen die Anforderungen an die Gleichstrom- und Kommunikationskabel definieren <ul style="list-style-type: none"> - Erkennen, weshalb verdrehte Adernpaare für die Installation verwendet werden müssen. • Gleichstromberechnungen an Batterie durchführen <ul style="list-style-type: none"> - Akkuspannung berechnen, Strom berechnen, um eine gewisse Leistung zu erhalten - Vergleich mit Herstellerangaben <p>11.07 Gefährdungen durch Batterieanlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mögliche Gefährdungen durch Batterieanlagen erkennen <ul style="list-style-type: none"> - Was passiert bei einem Brand eines Lithium-Akkus - Wie kann ein Lithium-Akku gelöscht werden • Was kann zu einem Brand führen 	<p>1</p> <p>3</p>
--	---	---------------------------------

	<ul style="list-style-type: none"> - Ausfall oder Fehlfunktion BMS - Mechanische Beschädigung - Externe thermische Einflüsse - Alterung des Systems • Brandschutzmerkblatt besprechen • Herstellerangaben <ul style="list-style-type: none"> - gemäss Angaben Hersteller einen korrekten Aufstellungsort der Batterie definieren, fehlerhafte Installationen identifizieren • Abgrenzung NIV Art. 14 Kopplung AC-/DC Speichersysteme <ul style="list-style-type: none"> - Welche Arbeiten sind erlaubt mit einer Art. 14 Bewilligung <p>11.08 Prinzipschema eines AC-Speichersystems</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gemäss Installationsanleitung und der geltenden Normen ein Prinzipschema eines AC-Speichersystems zeichnen <ul style="list-style-type: none"> - Gemäss Installationsanleitung und der geltenden Normen ein Prinzipschema einer DC-Speicher-Erweiterung zeichnen und eine Materialliste der benötigten Komponenten erstellen 	<u>2</u>
BIL	<u>3</u>	

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> • Photovoltaikanlagen, Christof Bucher • Lehrstoff NIV14 PV, Energieakademie Toggenburg • Brandschutzmerkblatt VKF Lithiumspeicher • Diverse Herstellerangaben 	

Lernthema 12: AC- und DC-Leitungsführung		
3. Lehrjahr Quartal 1	<p>Handlungskompetenzbereich: c. Montieren und Installieren von Solaranlagen</p> <p>Handlungskompetenzen: c.4 Leitungsführung für Solaranlagen erstellen sowie Kabel verlegen und anschliessen</p>	Anzahl Lektionen: 28 davon 3 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Auf einem Mehrfamilienhaus wird eine PV- Anlage erstellt. Die Module werden auf dem Dach mit zwei unterschiedlichen Ausrichtungen angeordnet. Nun steht die Ausführung der elektrischen Installationen an. Diese erfolgen auf der Basis des entsprechenden Installationsplans, dem Prinzipschema und dem Strangplan. Vor dem Beginn der Installation werden die Plangrundlagen mit der Situation vor Ort abgeglichen und die Arbeitsschritte geplant.</p>

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du interpretierst elektrische Strangpläne und Prinzipschemas und ergänzt diese bei Bedarf (K5) (c.4.2) • Du beurteilst die geplante Leitungsführung auf Einhaltung geltender Normen (K6) (c.4.3) • Du überprüfst verschiedene eingesetzte Betriebsmittel auf deren Tauglichkeit gemäss geltenden Normen (K4) (c.4.4, c.4.7, c.4.8, c.4.9) • Du ergreifst geeignete Sicherheitsmassnahmen beim Bau und Anschluss von Solaranlagen (K3) (c.4.5) • Du planst die Konfektionierung der Gleichstrom-Steckverbindungen nach geltenden Normen und die Inbetriebnahme einer Solaranlage (K3) (c.4.6) • Du erläuterst die Anforderungen an äusseren und inneren Blitzschutz (K2) (c.4.14, c.4.15)

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	12.00 Einleitung	<u>1</u>
<p>c.4.2 Strangpläne und Schaltschemata zeichnen bzw. anpassen (K5)</p> <p>c.4.3 Anforderungen und Normen für die Erstellung von Kabeltrassen und Kabelschutzrohren im Aussen- und Innenbereich erläutern (K2)</p> <p>c.4.4 Einsatz von Kabeltrassen und Kabelschutzrohren im Aussen- und Innenbereich beurteilen (K4)</p> <p>c.4.5 Gefährdungen beim Verlegen und Anschliessen von Gleichstrom- und Wechselstromkabeln erkennen und notwendige Sicherheitsmassnahmen definieren (K5)</p> <p>c.4.6 Anforderungen und Normen für das Konfektionieren von Gleichstrom- Steckverbindungen erläutern (K2)</p> <p>c.4.7 Anforderungen und Normen für das Verlegen und Anschliessen von Gleichstromkabel an den Solargenerator beschreiben (K2)</p> <p>c.4.8 Anforderungen und Normen für das Verlegen von Gleichstromleitungen im Aussen- und Innenbereich erläutern (K2)</p> <p>c.4.9 Verlegung und Anschluss von Gleichstromkabel und Gleichstromleitungen gemäss Normen und Richtlinien definieren und beurteilen (K4)</p> <p>c.4.14 Funktionsweise und Anforderungen an den Potentialausgleich (innerer Blitzschutz), äusseren Blitzschutz und Erdung erläutern (K2)</p> <p>c.4.15 Erstellung und Anschluss von Potentialausgleich, äusserem Blitzschutz und Erdung beurteilen (K6)</p>	<p>12.01 Planunterlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • anpassen und ergänzen • Symbolkenntnisse vertiefen • Strangplan und Prinzipschema <ul style="list-style-type: none"> - Änderung der Strangverkabelung - Anpassen von Anzahl Modulen - Anpassen von geänderten Querschnitten - Ergänzung der Bezeichnung des Installationsmaterials <p>12.02 Materialwahl</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problematik Korrosion • Montageuntergrund • Mechanische Belastungen • UV-Schutz <p>12.03 Kabeltrassen und Kabelschutzrohre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planung und Dimensionierung • Sinnvolle Leitungsführung definieren • Schnittstellen zu anderen Gewerken • Schallschutz • Brandschutz • Schutz vor Kondenswasserbildung <p>12.04 Unfallverhütung</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5+5-Sicherheitsregeln • DC-Seite Überprüfung stromlos • Notfallplan • Anwendung der Schutzausrüstung 	<p><u>3</u></p> <p><u>3</u></p> <p><u>2</u></p> <p><u>2</u></p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Fallbeispiele: Lernen aus Unfällen • Auswirkungen auf Lebewesen und Sachen • Durchströmung Körper (spezielle Gefahren DC / AC) • Lichtbogen • Abschmelzende Materialien • Sekundärunfälle • Brandgefahr • Erkennen von Gefährdungen • Gefährliche Alltagssituationen • Vorausschauendes Arbeiten • Mitdenken • Melden <p>12.05 Steckertypen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Multi Contact - Weidmüller - Phoenix • Installation <ul style="list-style-type: none"> - Anleitungen - Problematik Kreuzverbindungen, Mischung von verschiedenen Typen - Geltende Normierung gemäss NIN - Herstellerangaben beachten - Lösungen in der Praxis <p>12.06 Kabelanschluss</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anschluss an Solargenerator • Montage und Befestigung der Steckkontakte • Beachtung der Montageanleitung und der Normen <p>12.07 Kabelverlegung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Möglichkeiten für Kabeleinzug 	<p><u>2</u></p> <p><u>2</u></p> <p><u>3</u></p>
--	---	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Erkennen von Gefahren einer Beschädigung • Beachtung von äusseren Einflüssen • Trennung zu anderen Stromkreisen • EMV-Problematik, vermeiden von Leiterschlaufen • Anschluss an Wechselrichter gesteckt oder mit Direktanschluss 	
	<p>12.08 Dimension der Leitungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition Querschnitt mit Hilfstabellen • Beachten der Normen • Strombelastbarkeit von Leitern • Verluste auf Leitern berechnen ($I^2 \times R$) 	<u>3</u>
	<p>12.09 Funktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funktion SPA • Funktion SPD T1 bis T3 • Funktion äusserer Blitzschutz 	<u>1</u>
	<p>12.10 Querschnitt und Anschluss SPA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsatz und Dimensionierung SPD definieren • Einsatzbereiche äusserer Blitzschutz gemäss SN • Grundlagen äusserer Blitzschutz, Anschluss von PV-Anlagen 	<u>2</u>
BIL		<u>3</u>

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> - Lehrstoff NIV14 PV, Energieakademie Toggenburg - Broschüre Lieferanten (z.B. Plica, Bettermann, A. Flury) - Photovoltaikanlagen, Christof Bucher - Übungen Planung - Stand der Technik Papier (STP) - Brandschutzmerkblatt (BSM) 	<p>Prinzipschema und Berechnungen sowie dazugehörige Datenblätter der eingesetzten Betriebsmittel eines realen Projektes im Ausbildungsbetrieb Erstellen.</p>

Lernthema 15: Sichtprüfung		
3. Lehrjahr Quartal 1	Handlungskompetenzbereich: d. Warten, Reparieren und demontieren von Solaranlagen Handlungskompetenzen: d.1 Solaranlagen warten	Anzahl Lektionen: 8 davon 1 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Auf dem Flachdach der Firma Müller Metallbau gibt es eine PV-Anlage mit der Grösse von total 350 m². Am Rand des Flachdachs hat es ein fest installiertes Geländer, der Dachausstieg erfolgt durch das Treppenhaus, welches in der Mitte des Gebäudes bis auf das Dach führt.</p> <p>Die Firma Müller hat mit deiner Solarfirma einen Wartungsvertrag abgemacht. Alle 3 Jahre wird die Anlage periodisch einer Kontrolle und einer Wartung unterzogen. Deine Aufgabe ist es nun, für die Anlage die anstehende Wartung zu planen und durchzuführen.</p>

Lernziele
<ul style="list-style-type: none"> • Du beschreibst den Ablauf und die kritischen Punkte einer Sichtkontrolle (K2) (d.1.1) • Du beschreibst die Anforderungen an eine umweltschonende Reinigung von Solaranlagen (K2) (d.1.3) • Du erkennst Wartungsmassnahmen und Gefahren bei nicht erfolgter regelmässiger Wartung (K4) (d.1.7)

	<ul style="list-style-type: none"> • Materialliste für Wartung erstellen • Anwendung <ul style="list-style-type: none"> - Aufbewahrung - Anwendung - Entsorgung <p>13.03 Überwachung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Möglichkeiten der Überwachung - Ansicht von Portal - Interpretation der Grafiken <ul style="list-style-type: none"> • Erkennen von Leistungseinbussen bei <ul style="list-style-type: none"> - Verschmutzung der Module - Beschädigung - Dachbegrünungen auf Flachdächern • Aufzeigen von Minderertrag der Anlage • Sinnvoller Wartungsintervall aufzeigen • Wartung auf extensiv begrüntem Dächern • Flachdachanlagen • Verhalten von Auf- oder Indach-Anlagen mit grosser Neigung und entsprechendem Selbstreinigungseffekt 	<u>2</u>
BIL	<u>1</u>	

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> - Photovoltaikanlagen, Christof Bucher - Anleitung Solarmodul (Reinigung und Unterhalt) - Anleitung Wechselrichter 	Erstellen eines Wartungsprotokolls einer Anlage inkl. Fotoprotokoll.

Lernthema 14: Inbetriebnahme Wechselrichter		
3. Lehrjahr Quartal 2	<p>Handlungskompetenzbereich: c. Montieren und Installieren von Solaranlagen</p> <p>Handlungskompetenzen: c.4 Leitungsführung für Solaranlagen erstellen sowie Kabel verlegen und anschliessen c.6 Inbetriebnahme von Solaranlagen durchführen</p>	Anzahl Lektionen: 38 davon 4 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Für eine Solaranlage auf einer Doppelgarage soll die AC-seitige Installation erstellt werden. Die Installation ab dem Hausanschlusskasten (HAK) bis zum Anlageschalter des Wechselrichters ist auf dem Prinzipschema aufgezeigt und wurde bereits von einer Elektroinstallationsfirma im Zuge der allgemeinen Installationen erstellt. Nun soll die Installation vom Anlageschalter bis zum Wechselrichter erstellt werden. Nach den Messungen auf der DC-Seite soll die Anlage in Betrieb genommen. Die Inbetriebnahme ist gem. Vorgabe zu protokollieren.</p>

Lernziele
<ul style="list-style-type: none"> • Du erklärst den Aufbau des AC-Netzes, die entsprechenden Schutzmechanismen sowie den Aufbau und die Funktion der Betriebsmittel auf der AC-Seite des Wechselrichters (K2) (c.4.12) • Du planst und beurteilst Anschlüsse von Wechselrichtern an das Netz (Netzparallelschaltung) (K6) (c.4.13) • Du führst die Messungen auf der DC-Seite nach den geltenden Normen durch und protokollierst die Messresultate gem. Vorgaben (K3) (c.6.2, c.6.3) • Du konfigurierst im Rahmen der baubegleitenden Erstprüfung Basiseinstellungen am Wechselrichter (K3) (c6.4, c.6.5) - Du beschreibst die Möglichkeiten und nennst die dazu notwendigen Kennzahlen zur Überwachung von Solaranlagen (K2) (c.6.6)

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	14.00 Einleitung	<u>1</u>
<p>c.4.12 Anforderungen und Normen von Wechselstromleitung ab Ausgangsklemmen des Anlagenschalters erläutern (K2)</p> <p>c.4.13 Verlegung von Wechselstromleitungen ab Ausgangsklemmen des Anlagenschalters und Anschluss an Wechselrichter beurteilen (K6)</p> <p>c.6.2 Ablauf und Anforderungen an Erstprüfung der Installationen beschreiben (K2)</p> <p>c.6.3 Messungen durchführen, protokollieren und interpretieren (K5)</p> <p>c.6.4 Ablauf und Einstellungen der Inbetriebnahme beschreiben (K2)</p> <p>c.6.5 Einstellungen der Inbetriebnahme beurteilen (K6)</p> <p>c.6.6 Monitoringsysteme beschreiben (K2)</p>	<p>14.01 Versorgungsnetz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Netzebenen - Zuständigkeit (swissgrid, Pronovo) - Netzfrequenz als Funktion der Wirkleistungsbereitstellung im europäischen Stromnetz • 1-phasen Wechselstrom <ul style="list-style-type: none"> - Definition - Sinuskurve, Periode, Periodendauer - Frequenz • E-Feld <ul style="list-style-type: none"> - Definition - Anwendung - Kondensatoren - Berechnung Kapazitäten Serie/Parallel • M-Feld <ul style="list-style-type: none"> - Definition - Anwendung - Transformatoren - Berechnung Induktivitäten Serie/Parallel • 3-phasen Wechselstrom <ul style="list-style-type: none"> - symmetrische Belastung mit Stern- / Dreieckschaltung 	<u>23</u>

	<ul style="list-style-type: none"> - Unsymmetrische Belastung, Funktion Neutralleiter - Beispiele an Ohm'schen Verbraucher (Boiler): Stern-/Dreieckschaltung mit/ohne Neutralleiter, Aussenleiterunterbrüche - P/Q/S (Leistungsdreieck), $\cos\phi$ - Auswirkung der Blindleistung auf Netzspannung - Verbraucher-/Erzeugerpeilsystem in Bezug auf (Wechselrichter)herstellerangaben • AC-Anlagenschalter • Überspannungsschutz AC • Leitungen, Kabel • Energiemessung, Datenanschluss / Netzwerk • Sicherungsverteilung und Hausanschluss • SPA und Blitzschutz (nur erwähnen, separates Thema) • Prinzip- / Übersichtsschema lesen <p>14.02 DC - Messungen kennenlernen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spannungsmessung • Strommessung • Messung Isolationswiderstand • Sonneneinstrahlung W/m² • Kurzschlussstrom I_{sc} • Leerlaufspannung U_{oc} • Betriebsspannung U_{mp} • Betriebsstrom I_{mp} <ul style="list-style-type: none"> - Baubegleitende Erstprüfung einer PV-Anlage • Sichtprüfung • Erproben • Messen <p>14.03 Messungen durchführen</p>	<p><u>3</u></p> <p><u>3</u></p>
--	---	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Messresultate gemäss Datenblätter und Umgebungsbedingungen richtig interpretieren • Protokollierungen • Mess- und Prüfprotokoll Photovoltaik ausfüllen <p>14.04 Inbetriebnahme von Wechselrichter</p> <ul style="list-style-type: none"> • gemäss Herstellerangaben <p>14.05 Wechselrichtereinstellungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • gemäss Herstellerangaben • konfigurieren und überprüfen • Einstellung von Datum Zeit • Ländereinstellungen • Berücksichtigung von technischem Anschlussgesuch (TAG) • Weitere Einstellungen gemäss Wechselrichterangaben beachten • Nach Einschaltvorgang richtige Funktion beurteilen <p>14.06 Monitoringsystem</p> <ul style="list-style-type: none"> • was sind grundlegende Anforderungen an ein solches System • Solar-Log • Portale von Wechselrichterherstellern <ul style="list-style-type: none"> - Fronius - Huawei - Solaredge - Weitere Optional • Solarmanager 	<p><u>1</u></p> <p><u>1</u></p> <p><u>2</u></p>
BIL		<u>4</u>

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> • Photovoltaikanlagen, Christof Bucher • Lehrstoff NIV14 PV, Energieakademie Toggenburg • Broschüre PV-Anlagen, A. Flury • https://myfeuerwehr.ch/fachtechnik/merkblaetter/MB_3-07 • Mess- und Prüfprotokoll Photovoltaik gemäss ESTI 	

Lernthema 15: Störungen bei Inbetriebnahme		
3. Lehrjahr 2. Quartal	<p>Handlungskompetenzbereich: d. Warten, Reparieren und demontieren von Solaranlagen</p> <p>Handlungskompetenzen: d.2 Einfache Störungen im Gleichstrom-Bereich an Solaranlagen lokalisieren und beheben</p>	Anzahl Lektionen: 24 davon 2 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Auf dem Dach der Familie Meier wurde vor 7 Jahren eine PV-Anlage mit einer Leistung von 6 kWp installiert. Die Solarmodule auf dem Flachdach sind mit einer 10-Grad Aluminiumkonstruktion aufgeständert und die Ausrichtung dieser ist Richtung Süden. Auf dem Gebäude hat es 4 Einzelanschlagpunkte eingebaut. Der Kunde hat nun in der Servicestelle angerufen. Er hat erklärt, dass die Überwachung vor 3 Tag eine Fehlermeldung übermittelt hat. Seither produziert der Wechselrichter keine Energie mehr. Weiter erklärt Herr Meier, dass die Dokumentationen alle vor Ort sind. Er wünscht eine möglichst rasche Fehlerbehebung der Anlage.</p>

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du planst und dokumentierst Störungsbehebungen gem. Vorgaben (K3) (d.2.3, d.2.4) • Du ermittelst die möglichen Ursachen einer Störung und grenzt diese mit Hilfe der Planunterlagen und den Werten der Überwachung ein (K4) (d.2.3, d.2.4) • Du wählst das richtige Messgerät und die richtige Messmethode aus und definierst den Ablauf der korrekten Messung mit den nötigen Sicherheitsmassnahmen (K4) (d.2.3, d.2.4) • Du interpretierst Messergebnisse und vergleichst diese mit den Ist-Werten (K5) (d.2.4) • Du berechnest mögliche Messfehler, interpretierst diese und leitest mögliche Reparaturmassnahmen ab (K5) (d.2.4)

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	15.00 Einleitung	1
<p>d.2.3 Mögliche Ursachen für Störungen in der gesamten Energieerzeugungsanlage beschreiben (K2)</p> <p>d.2.4 Verlege- und Strangpläne sowie Anleitungen zur Lokalisierung von Störungen interpretieren und geeignete Massnahmen zur Behebung bestimmen (K4)</p>	<p>15.01 Ursachen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leistungseinbusse - Strangausfall - Isolationsfehler - Wechselrichterausfall - Übertemperatur am System - Ansprechen der Überspannungs-Schutzeinrichtung mit Störungsmeldung • Kontrolle der Störungsanzeige/Überwachung • Sichtkontrolle der Anlage mit den vorhandenen Planunterlagen <ul style="list-style-type: none"> - Vergleichen vom Verlegeplan mit den tatsächlichen Materialien - Vergleichsberechnung der tatsächlichen Materialien auf Plausibilität - Berechnung der Strangspannung und des Strangstroms mit Vergleichskontrolle auf dem Überwachungsportal • Beurteilung einer Anlagenvisualisierung auf einem Überwachungsportal mithilfe der Planunterlagen <ul style="list-style-type: none"> - Interpretieren einer Leistungskurve - Erkennen von Leistungseinbussen einzelner Strings 	8

	<ul style="list-style-type: none"> - Vergleichen von Spannungs- Strom- und Leistungswerten mit den Soll-Zustand - Messung der elektrischen Werte an einer Anlage mit Vergleich der Anzeigewerte im Überwachungsportal <p>15.02 Arbeitssicherheit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Welche Massnahmen sind nötig - SUVA-Richtlinien - Einsatz PSAgA - Vorbereitung Messmittel elektrische Sicherheit - Werkzeugliste erstellen • Prinzipschema <ul style="list-style-type: none"> - Übersicht verschaffen auf dem Prinzipschema, vergleichen der tatsächlichen Materialien - Erkennen der Bauteile gemäss Prinzipschema wie: <ul style="list-style-type: none"> - Solarmodule - Kabelführung - Strangverkabelung - Generatoranschlusskasten GAK - Wechselrichter - Speichersysteme - Symbole, Grafiken, Werte und deren Bedeutung zu den genannten Bauteilen nennen - Fehlermeldung bzw. Fehler-oder Statuscodes eines Wechselrichters erkennen und Massnahmen gemäss Bedienungsanleitung ableiten • Sichtprüfung 	<p><u>13</u></p>
--	--	-------------------------

	<ul style="list-style-type: none"> - Ablauf einer Sichtkontrolle - Offensichtliche Fehler und Schäden: Verkabelung, mögliche Orte von Leitungsunterbrüchen anhand von Strangplänen eruieren - Handhabung Anlagen-Logbuch • Messungen <ul style="list-style-type: none"> - Durchführung von Messungen zur Lokalisierung von Störungen inkl. Dokumentation - Einsatz und Handhabung von Messgeräten und Hilfsmitteln - Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen - Messresultate interpretieren - Massnahmen zur Störungsbehebung definieren - Planung und Umsetzung der Störungsbehebung: Materialien, Vorgehen, Provisorien, Zeitaufwand, Beizug Fremdfirmen 	
BIL		<u>2</u>

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrstoff NIV14 PV, Energieakademie Toggenburg • Fachbuch Photovoltaik, Energieakademie Toggenburg 	Störung auf einer Anlage dokumentieren und Massnahmen zu Störungsbehebung aufzeigen.

Lernthema 16: Rückbau von Solaranlagen		
3. Lehrjahr Quartal 2	Handlungskompetenzbereich: d. Warten, Reparieren und Demontieren von Solaranlagen Handlungskompetenzen: d.3 Solaranlagen zurückbauen	Anzahl Lektionen: 8 davon 1 BIL

Berufliche Arbeitssituation / Arbeitsauftrag
<p>Auf einem Einfamilienhaus muss das Dach saniert werden. Darauf befindet sich eine 15-jährige Solaranlage mit 20 Modulen. Der Kunde entscheidet sich, dass die Solaranlage demontiert und entsorgt werden soll. Du sollst nun alles Nötige veranlassen, damit der Rückbau sowohl fach- und sicherheitstechnisch als auch ressourcenschonend ausgeführt wird. Ein Gerüst und ein Kranen wird bauseitig vorhanden sein und darf bei Bedarf benutzt werden. Die Benutzung muss beim Baumeister zwei Tag im Voraus angemeldet werden.</p>

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du benennst die verschiedenen im Einsatz stehenden Materialien und Betriebsmittel und beurteilst deren Rückbau in Hinsicht auf eine optimale Kreislaufwirtschaft (K6) (d.3.5). • Du planst die Rückbauarbeiten und die fachgerechte Entsorgung, respektive Wiederverwendung der Materialien und Betriebsmittel (K3) (d.3.1, d.3.4)

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteiler Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> • https://www.erecycling.ch (Merkblätter SENS Recycling, PVcircle, etc.) • Filme Aufbereitung diverser Stoffe • Weitere Beispiele Aufbereitung • www.secondsol.com • www.twice-energy.ch • https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/so-funktioniert-das-recycling-von-photovoltaikanlagen.html 	<p>Fotodokumentation zur Entsorgung in der eigenen Firma erstellen</p>

Lernthema 17: Vertiefung AC und DC, Eigenverbrauch		
3. Lehrjahr Quartal 3	Handlungskompetenzbereich: c. Montieren und Installieren von Solaranlagen Handlungskompetenzen: c.4 Leitungsführung für Solaranlagen erstellen sowie Kabel verlegen und anschliessen	Anzahl Lektionen: 24 davon 2 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Ein Kunde plant auf seinem Einfamilienhaus eine neue Indachanlage. Das Gebäude befindet sich auf 1200 Meter über Meer. Die Dachflächen weisen eine Ausrichtung Ost-West mit einer Neigung von 35°. Da die Familie etwas abseits wohnt, haben sie sowohl ein Elektroauto als auch 2 E-Bikes. Das Gebäude wird mit einer neu erstellten Wärmepumpe geheizt. Er ist daran interessiert, seine Solaranlage möglichst rentabel betreiben.</p>

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du eruiert mögliche Optimierungen in Bezug auf Eigenverbrauch (K4) (c.5.3) • Du beurteilst, berechnest und planst die elektrischen Installationsarbeiten anhand einer Projektvorgabe (K6) (c.4.10-c.4.13)

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	17.00 Einleitung	<u>1</u>
<p>c.5.3 Möglichkeiten zur Energieoptimierung und -steuerung sowie für den Eigenverbrauch vergleichen (K4)</p> <p>c.4.10 Funktionsweise und Anforderungen von Anschluss an Wechselrichter, Solargenerator und Systemkomponenten inklusive Leitungen und Überspannungsschutz auf Gleichstrom erläutern (K2)</p> <p>c.4.11 Montage und Anschlüsse von Wechselrichter, Solargeneratoren und Systemkomponenten beurteilen (K6)</p> <p>c.4.12 Anforderungen und Normen von Wechselstromleitung ab Ausgangsklemmen des Anlagenschalters erläutern (K2)</p> <p>c.4.13 Verlegung von Wechselstromleitungen ab Ausgangsklemmen des Anlagenschalters und Anschluss an Wechselrichter beurteilen (K6)</p>	<p>17.01 Energieoptimierung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wie kann der Primärenergiebedarf reduziert werden: Wärmepumpenboiler, Wärmepumpen, sparsame Haushaltsgeräte - Elektromobilität - Was kann mit einer Energie- Steuerung erreicht werden: Netzdienliche Ansteuerung (V2G, PV2G) • Definition und Berechnung des Eigenverbrauchs- und Autarkiegrades von Anlagen anhand von Beispielen <ul style="list-style-type: none"> - Mit welchen Komponenten kann der Eigenverbrauchsgrad gesteigert werden - Welche Komponenten sind für die Berechnung und Visualisierung des Eigenverbrauchs- und Autarkiegrades notwendig • Eigenverbrauchsoptimierung: <ul style="list-style-type: none"> - Wozu dient die Eigenverbrauchsoptimierung (Entlastung Verteilnetz, finanzielle Anreize) - Welche Eigenschaften muss ein elektrisches Gerät (Haushaltsgeräte, Wärmeerzeugung, Ladestationen) aufweisen, damit eine Überschusssteuerung sinnvoll ist. 	<u>8</u>

	<p>- Beispiele von verschiebbaren Lasten sowie der Vorteile und Nachteile einer Ansteuerung gemeinsam erarbeiten</p> <p>17.02 Vertiefungsarbeit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beurteilung Gesamtsystem inkl. Berechnungen • Beurteilung Hausanschluss • Belegung Dachfläche mit Berechnung • Anzahl Module • Gesamtleistung Peak • Bestimmung Strings mit Spannungen und Strömen • WR definieren • Speicherlösung definieren • Leitungen definieren • Prinzipschema erstellen • Messprotokoll erwähnen 	<u>13</u>
BIL		<u>2</u>

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
		<p>Auslegung der elektrischen Installationen ab Hauptschalter inklusive Auslegung des Wechselrichters anhand einer realen Anlage dokumentieren.</p> <p>Vorgegebenes Projekt als Vertiefungsarbeit in Gruppen / Vorstellung der Ergebnisse</p>

Lernthema 18: Wartung von Solaranlagen		
3. Lehrjahr Quartal 3	<p>Handlungskompetenzbereich: d. Warten, Reparieren und Demontieren von Solaranlagen</p> <p>Handlungskompetenzen: d.1 Solaranlagen warten d.2 Einfache Störungen im Gleichstrom-Bereich an Solaranlagen lokalisieren und beheben</p>	Anzahl Lektionen: 20 davon 2 BIL

Berufliche Arbeitssituation
<p>Ein Kunde hat den Eindruck, dass seine 9-jährigen Solaranlage nicht mehr die gleiche Leistung wie zum Installationszeitpunkt erbringt. Insbesondere bei Regenwetter und im Winter wird häufig eine Störung angezeigt und produziert die Anlage nicht. Er wünscht deshalb eine Kontrolle vor Ort. Bei der Besichtigung der Anlage zeigt sich folgende Situation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flachdach Anlage in der Industriezone neben einer Gastrocknungsanlage, 35kWp, mit Modulen Ost-West Ausrichtung - Es handelt sich um eine EIV-Anlage - Die Leitungsführung ist mangelhaft - Module sind sichtbar verschmutzt - Ein Teil des Flachdachs ist begehbar, anscheinend wird dieses als Raucherplatz verwendet

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du erläuterst die gesetzlichen Vorgaben an die wiederkehrende Prüfung von Solaranlagen (K2) (d.1.4) • Du beschreibst mögliche Ursachen für Störungen an einer Solaranlage (K2) (d.2.3) • Du lokalisierst anhand der technischen Dokumentation einer Solaranlage mögliche Fehler und bestimmst geeignete Massnahmen zu deren Behebung (K5) (d.2.4) • Du erläuterst mögliche Messungen und Vorgehen zur Überprüfung der Funktion von Solaranlagen und beurteilst Ergebnisse (K6) (d.1.5)

	<ul style="list-style-type: none"> - Optimierer - Mechanische Schäden (Nagerbiss, mangelhafte Leitungsführung) - Defekte an Modulen (Sub-String, Zellbrüche, Bypass-Diode, Delamination (Riso), Undichtigkeiten (Riso) - Schlechte, verschmutzte oder fehlende Hinterlüftung (insbesondere bei Indach-Solaranlagen) • Mögliche Störungen anhand von Wechselrichter-Fehler bzw. Statuscodes erarbeiten und anhand von Beispielen aufzeigen <ul style="list-style-type: none"> - Verschiedene Fehlercodes, Herstellerabhängig • Mögliche Störungen an Batteriespeichern erarbeiten und anhand von Beispielen aufzeigen <ul style="list-style-type: none"> - Tiefentladung Zellen - Defekt Zähler, Kommunikationsleitungen - Störungssuche gemäss Herstellerangaben <p>18.03 Vorgehen und Massnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eingrenzung der Fehler durch Überlegung auf Planunterlagen - Sichtkontrolle der Anlage auf offensichtliche Fehler - Massnahmen ableiten - Messungen durchführen - Soll-Ist-Werte vergleichen - Messungen protokollieren 	<p><u>3</u></p>
--	--	------------------------

	<ul style="list-style-type: none"> - Massnahmen einleiten - Aufwand abschätzen - Servicestellen oder Partnerfirma mittels Störungsmeldung beiziehen <p>18.04 U/I-Kennlinie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Messung mit einem Kennlinienmessgerät an 3 Modulen, unverschattet und teilverschattet - Messung an defektem Modul (Sperrdiode Kurzschluss) - Interpretation der Kennlinien • IR-Aufnahme <ul style="list-style-type: none"> - Funktionsweise IR-Kamera - Sind Module im Kurzschluss oder Leerlauf wärmer - Anhand Infrarot- Fotoaufnahmen verschiedene Fehler erkennen - Defekte Sperrdiode (Kurzschluss) - Verschattung bzw. Verschmutzungen von Modulen - Defekte Substrings, defekte Zellen - Schlechte Hinterlüftung - Welches Fehlerbild entspricht welchem Fehler - Welche Fehler erkennt man nicht durch dieses Verfahren • EL-Verfahren <ul style="list-style-type: none"> - Beispiel Hagelschaden, Unsichtbare Zellbrüche anhand Fotoaufnahmen erkennen • UE-Messung 	<p>7</p>
--	--	-----------------

	<ul style="list-style-type: none"> - Ansprechen, wofür diese Messung ist und was damit überprüft werden kann. • Prüfung Sperrdioden <ul style="list-style-type: none"> - Messung an einer Sperrdiode - Wozu ist in Modulen eine Sperrdiode verbaut - Vor- und Nachteile einer Sperrdiode, mögliche Fehlerbilder - Riso im Nasszustand 	
BIL	<u>2</u>	

Spezielle Arbeitsform	Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> • Niederspannungs-Installationsverordnung (NIV) • Mess- und Prüfprotokoll Photovoltaik • Hersteller- Unterlagen 	

Lernthema 19: Projekt		
3. Lehrjahr Quartal 3 & 4	<p>Handlungskompetenzbereich: c. Montieren und Installieren von Solaranlagen</p> <p>Handlungskompetenzen: c.1 Solaranlagen auf Flachdächern montieren c.2 Solaranlagen auf geneigten Dachflächen montieren c.3 Solaranlagen an Fassaden, angebaut an Gebäuden oder freistehend montieren c.4 Leitungsführung für Solaranlagen erstellen sowie Kabel verlegen und anschliessen c.5 Speicherlösungen zu Solaranlagen montieren und anschliessen c.6 Inbetriebnahme von Solaranlagen durchführen</p>	Anzahl Lektionen: 64 davon 4 BIL

Berufliche Arbeitssituation
Der Projektleiter übergibt dir den Auftrag für die Planung, Montage und Installation einer einfachen Solaranlage.

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du verknüpfst die verschiedenen Planungs-, Montage- und Installationsschritte für die Realisierung einer Solaranlage und erstellst eine entsprechende Auftragsdokumentation. • Du beurteilst andere Auftragsdokumentationen und schlägst ggf. Verbesserungsmassnahmen vor.

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	19.00 Einleitung	1
<p>c.1.1 Eigenschaften und Funktionsweisen von unterschiedlichen Montagesystemen und Modulen auf Flachdächern beschreiben (K2)</p> <p>c.1.2 Eignung von unterschiedlichen Solaranlagen für Flachdächer für verschiedene Untergrundarten vergleichen (K4)</p> <p>c.1.3 Anforderungen an Befestigungen und Untergrund gemäss Normen überprüfen (K4)</p> <p>c.1.4 Permanente Absturzsicherungssysteme im Zusammenhang mit Montagesysteme beschreiben (K2)</p> <p>c.1.5 Anordnung von Modulen auf Flachdächern beurteilen (K6)</p> <p>c.1.6 Einsatz und Anordnung von Systemkomponenten auf Flachdächern beschreiben und vergleichen (K4)</p> <p>c.2.1 Eigenschaften und Funktionsweisen von unterschiedlichen Unterkonstruktionen und Modulen auf geneigten Dachflächen beschreiben (K2)</p> <p>c.2.2 Eignung von unterschiedlichen Solaranlagen für geneigte Dachflächen für verschiedene Untergrundarten vergleichen (K4)</p> <p>c.2.4 Anforderungen an Befestigungen und Untergrund gemäss Normen überprüfen (K4)</p> <p>c.2.6 Anordnung von integrierten Modulen auf geneigten Dachflächen beurteilen (K6)</p> <p>c.2.7 Anordnung von aufgesetzten oder angebauten Modulen auf geneigten Dachflächen beurteilen (K6)</p> <p>c.2.8 Einsatz und Anordnung von Systemkomponenten auf geneigten Dachflächen beschreiben und vergleichen (K4)</p>	<p>19.01 Projekt</p> <p>Im Rahmen des Projekts werden die einzelnen Lernthemen an einem vorgegebenen Projekt (Fallbeispiele) oder an Projekten aus den Betrieben der Lernenden aufgearbeitet und miteinander verknüpft. Die Lernenden arbeiten in Gruppen an verschiedenen Projekten zu einfachen Solaranlagen auf Flachdächern, Steildächern (In- und Aufdach) und Fassaden sowie Solaranlagen an Gebäuden angebaut oder freistehende Anlagen.</p> <p>Die Lernenden dokumentieren ihre Überlegungen in schriftlicher Form. Folgende Aspekte werden im Projekt bearbeitet:</p> <p>Beurteilung der Situation und Wahl des Systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluieren von möglichen Ausrichtungen und Anordnungen am Gebäude unter Berücksichtigung der vorhandenen Systemkomponenten und der Leistung. • Beurteilen des Untergrunds mit Hilfe der vorhandenen Normen und Richtlinien. • Evaluieren und auswählen des geeigneten Montagesystems sowie der Module (inkl. Begründung der Wahl) • Evaluieren und auswählen von mögliche Energieoptimierungen und Speichersysteme (inkl. Begründung der Wahl). <p>Montage- und Installationsplanung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeichnen des Dachlayouts 	34

<p>c.3.1 Eigenschaften und Funktionsweisen von unterschiedlichen Montagesystemen und Modulen an Fassaden, angebaut an Gebäuden oder freistehend beschreiben (K2)</p> <p>c.3.2 Eignung von unterschiedlichen Solaranlagen für Fassaden, angebaut an Gebäuden oder freistehend vergleichen (K4)</p> <p>c.3.3 Anforderungen an Befestigungen und Untergrund gemäss Normen überprüfen (K4)</p> <p>c.3.5 Anordnung von Modulen an Fassaden, angebaut an Gebäuden oder freistehend beurteilen (K6)</p> <p>c.3.6 Einsatz und Anordnung von Systemkomponenten an Fassaden, angebaut an Gebäuden oder freistehend beschreiben und vergleichen (K4)</p> <p>c.4.1 Strangpläne und Schaltschemata interpretieren (K5)</p> <p>c.4.2 Strangpläne und Schaltschemata zeichnen bzw. anpassen (K5)</p> <p>c.4.3 Anforderungen und Normen für die Erstellung von Kabeltrassen und Kabelschutzrohren im Aussen- und Innenbereich erläutern (K2)</p> <p>c.4.4 Einsatz von Kabeltrassen und Kabelschutzrohren im Aussen- und Innenbereich bestimmen (K4)c.4.5 Gefährdungen beim Verlegen und Anschliessen von Gleichstrom- und Wechselstromkabeln erkennen und notwendige Sicherheitsmassnahmen definieren (K5)</p> <p>c.4.6 Anforderungen und Normen für das Konfektionieren von Gleichstrom- Steckverbindungen erläutern (K2)</p> <p>c.4.7 Anforderungen und Normen für das Verlegen und Anschliessen von Gleichstromkabel an den Solargenerator beschreiben (K2)</p> <p>c.4.8 Anforderungen und Normen für das Verlegen von Gleichstromleitungen im Aussen- und Innenbereich erläutern (K2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ausarbeiten der Leitungsführung von den Modulen zum Wechselrichter (Strangplan) • Detailzeichnungen von Dachdurchdringungen, Übergängen oder Anschlüssen. • Anordnung der Systemkomponenten im Technikraum inkl. der richtigen Verkabelung von Wechselrichter, Solargenerator und weiterer Systemkomponenten und Installation von Gleich- und Wechselstromleitungen (Installationsplan und Prinzipschema) • Dokumentieren der möglichen Gefahren und Risiken beim Verlegen und Anschliessen der Gleich- und Wechselstromkabel. • Beurteilen und verbinden von Potentialanschluss, äusserer Blitzschutz und Erdungen. • Arbeitsplanung für die Montage- und Installationsarbeiten inkl. Baustelleneinrichtung, Arbeitssicherheit und Umweltschutz • Materialien berechnen und Materialliste für Montage- und Installationsarbeiten erstellen <p>Nicht Bestandteil der Projektarbeit ist die Inbetriebnahme, Erstellen von Messungen sowie die Störungsbehebung!</p> <p>Die schriftliche Dokumentation umfasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dachlayout, Strangplan, Installationsplan, Prinzipschema, Beschwerungspläne, Dachhakenpläne, Montagepläne • Beschreibung der gewählten Anlage inkl. Energieoptimierung, Speicher • Arbeitsplanung und Materialliste • Sicherheitskonzept und Absturzsicherungsplanung 	
---	--	--

<p>c.4.9 Verlegung und Anschluss von Gleichstromkabel und Gleichstromleitungen gemäss Normen und Richtlinien definieren und beurteilen (K6)</p> <p>c.4.10 Funktionsweise und Anforderungen von Anschluss an Wechselrichter, Solar-generator und Systemkomponenten inklusive Leitungen und Überspannungsschutz auf Gleichstrom erläutern (K2)</p> <p>c.4.11 Montage und Anschlüsse von Wechselrichter, Solargeneratoren und Systemkomponenten beurteilen (K6)</p> <p>c.4.12 Anforderungen und Normen von Wechselstromleitung ab Ausgangsklemmen des Anlagenschalters erläutern (K2)</p> <p>c.4.13 Verlegung von Wechselstromleitungen ab Ausgangsklemmen des Anlagenschalters und Anschluss an Wechselrichter beurteilen (K6)</p> <p>c.4.14 Funktionsweise und Anforderungen an den Potenzialausgleich (innerer Blitzschutz), äusseren Blitzschutz und Erdung erläutern (K2)</p> <p>c.4.15 Erstellung und Anschluss von Potenzialausgleich, äusseren Blitzschutz und Erdung beurteilen (K6)</p> <p>c.5.1 Funktionsweise und Anforderungen an Speichersystemen erläutern (K2)</p> <p>c.5.2 Anforderungen und Normen für die Auswahl von Gleichstromkabel und Leitungen für den Anschluss des Speichers erläutern (K2)</p> <p>c.5.3 Möglichkeiten zur Energieoptimierung und -steuerung sowie für den Eigenverbrauch vergleichen (K4)</p> <p>c.5.4 Anforderungen und Normen betreffend der Montage von Speichersystemen erläutern (K2)</p>	<p>19.02 Projektpräsentation</p> <p>Die Projekte werden in der Klasse präsentiert und ausführlich erläutert. Die Präsentationen und Auftragsdokumentationen werden von den anderen Gruppen kritisch beurteilt und es werden Verbesserungsmassnahmen sowie Fragen zu den Inhalten aus den Projekten erarbeitet.</p> <p>Im Plenum werden Verbesserungsmassnahmen sowie Fragen besprochen und vertieft.</p>	<p><u>25</u></p>
---	--	-------------------------

c.5.5 Montage und Anschluss von Speichersystemen mit Gleichstrom- sowie Wechselstrom-Koppelung beurteilen (K6)		
c.6.2 Ablauf und Anforderungen an Erstprüfung der Installationen beschreiben (K2)		
BIL		4

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
<ul style="list-style-type: none"> Projekt in Gruppen 	<ul style="list-style-type: none"> Solarmontage, Gebäudehülle Schweiz Photovoltaikanlagen, Christof Bucher Fachbauch Grundlagen Gebäudehülle Lehrstoff NIV14 PV, Energieakademie Toggenburg Fachbuch Photovoltaik, Energieakademie Toggenburg Broschüre Lieferanten (z.B. Plica, Bettermann) Installationsanleitung Modulhersteller Installationsanleitung Wechselrichterhersteller Montageanleitung Steckerhersteller Komplettes Unterrichtsmaterial 	

Lernthema 20: Einstellungen und Messungen		
3. Lehrjahr Quartal 4	<p>Handlungskompetenzbereich: c. Montieren und Installieren von Solaranlagen</p> <p>Handlungskompetenzen: c.6 Inbetriebnahme von Solaranlagen durchführen</p>	Anzahl Lektionen: 32 davon 4 BIL

Berufliche Arbeitssituation
In den vergangenen vier Tagen wurde bei der Familie Hans Muster in Uzwil eine 6 kW-Solaranlage auf einem Carport installiert. Die Anlage ist nun fertiggestellt und soll heute in Betrieb genommen werden. Sämtliche Unterlagen sowie Mess- und Prüfprotokoll wurden vom Projektleiter übergeben.

Lernziele:
<ul style="list-style-type: none"> • Du planst die Erstprüfung einer Solaranlage gemäss geltender Norm mit einer sinnvollen Abfolge und bereitest die Dokumentationen vor (K3) (c.6.2) • Du führst selbständig eine Erstprüfung an einer PV- Anlage gemäss geltender Normen durch (K3) (c.6.3 - c.6.5) • Du interpretierst vorhandene Resultate aus Erstprüfungen und ergreifst für fehlerhafte Messresultate Massnahmen. (K6) (c.6.3) • Du kannst einen Wechselrichter gemäss geltenden Normen in Betrieb nehmen und beschreibst, was die verschiedenen Einstellungen bewirken (K3) (c.6.5) • Du vergleichst anhand Grafiken oder Kennwerten aus Monitoringsystemen SOLL- und IST-Erträge von Solaranlagen und beschreibst mögliche Fehlerquellen. (K5) (c.6.6)

Leistungsziele BfS	Lerninhalte	Lektionen
	20.00 Einleitung	<u>1</u>
<p>c.6.2 Ablauf und Anforderungen an Erstprüfung der Installationen beschreiben (K2)</p> <p>c.6.3 Messungen durchführen, protokollieren und interpretieren (K5)</p> <p>c.6.4 Ablauf und Einstellungen der Inbetriebnahme beschreiben (K2)</p> <p>c.6.5 Einstellungen der Inbetriebnahme beurteilen (K6)</p> <p>c.6.6 Monitoringsysteme beschreiben (K2)</p>	<p>20.01 Systemdokumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> • gemäss SN EN 62446-1 • Überprüfung auf Vollständigkeit • Kontrolle, ob alle Angaben korrekt sind <ul style="list-style-type: none"> - Projektidentifikation - Bemessungsleistung des Systems in kW DC oder kVA AC - PV-Module und Wechselrichter - Datum der Installation - Datum der Inbetriebnahme - Name des Kunden - Adresse des Aufstellungsortes - Angaben über den Systementwickler - Angaben über den Installateur • Stromlaufplan, Datenblätter <ul style="list-style-type: none"> - PV-Generator - DC-Verkabelung (eventuell Überstrom-Schutzeinrichtungen) - Erdung und Potenzialausgleich - Überspannungs- bzw. Blitzschutz - Wechselstromnetz • Konstruktions- und Wartungsangaben <ul style="list-style-type: none"> - Not-Abschaltung / Trennvorrichtung - Reinigungs- und Wartungsempfehlung 	<u>3</u>

	<ul style="list-style-type: none"> - Checkliste, was im Fall eines Anlagenausfalls unternommen werden muss - Zukünftige Arbeiten am Gebäude, die sich auf den PV-Generator auswirken können (z.B. Anschlagpunkte für Dacharbeiten) - Verlegeplan zur DC-Leitung als Information für die Feuerwehr <p>20.02 Prüfungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prüfungen aller Wechselstromkomponenten gemäss NIN Teil 6 <ul style="list-style-type: none"> - Sichtkontrolle - Messungen (Isolationsmessung, Schleifenimpedanz bzw. Kurzschlussstrom, Auslöseprüfung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD), Widerstand PE, SPA, ZSPA mit Niederohmmessungen, Netzspannung, Drehfeld und Spannungsfall) - Funktionskontrolle von Schutzeinrichtungen wie LS, RCD, Sicherheitseinrichtungen wie Not-Aus • Protokoll nach UVEK-Verordnung Art. 13+14 mit dem Ausfüllen des Mess- und Prüfprotokolls • Sichtprüfung der Gleichstromkomponenten gemäss SNG 491000 – 2086b • Messungen gemäss SNG 491000 – 2086b <ul style="list-style-type: none"> - Leitfähigkeit der Schutz- und Potenzialausgleichsleiter - Leerlaufspannung U_0 und Polarität - Kurzschlussstrom I_{sc} oder Betriebsstrom I_{mp} 	<p><u>5</u></p>
--	---	-----------------

	<ul style="list-style-type: none"> - Retrofit - Zukunft • Parameter und deren Funktion zur Netzstützung der NA/EEA-NE7 - CH 2020 besprechen <ul style="list-style-type: none"> - $U_{>>}$, $U_{>}$, $U_{ac\ max}$, $U_{<}$, $U_{>>}$, $U_{ac\ min}$ - $P(f)$, f_{start}, $P(f)_{red}$, f_{min}, f_{max} - Anti Islanding - Pac Steigerung, Wiedereinschaltzeit bei Fehler - FRT-Verhalten • Weitere Parameter und deren Funktion zur Netzstützung <ul style="list-style-type: none"> - $Q(U)$, $Q(P)/\cos\phi(P)$ - Max. Einspeiseleistung, mit Eigenverbrauchsregelung - Fernsteuerung/Abschaltung Wechselrichter - Unterschied Erzeuger-/Verbraucherpeilsystem und dessen korrekte Anwendung für die Einstellung von Blindleistungsregelung an Wechselrichtern - Externer, zusätzlicher NA-Schutz bei Anlagen >30kVA - Vor- und Nachteile eines zusätzlichen NA-Schutzes <p>20.05 Monitoringsystem</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was ist ein Monitoringsystem, was sind grundlegende Anforderungen an ein solches System <ul style="list-style-type: none"> - Erkennen einer Störung des Wechselrichters oder Generators 	<p>3</p>
--	---	-----------------

	<ul style="list-style-type: none"> - Erkennen von Soll-Abweichungen in Leistung-/Energieertrag - Optimierungspotential im Hinblick auf Eigenverbrauchsoptimierung <p>20.06 Kenngrössen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was für Kenngrössen können aus einem Monitoringsystem herausgelesen werden <ul style="list-style-type: none"> - kWh/kWp, kWh/kVA - Volllaststunden - Strangabweichungen in % 	<u>3</u>
BIL		<u>4</u>

Spezielle Arbeitsform	Mögliche Fachliteratur	Beurteilter Quartalsauftrag (Vertiefung des Lernthemas und Verknüpfung mit Praxis)
	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrstoff NIV14 PV, Energieakademie Toggenburg • Fachbuch Photovoltaik, Christof Bucher • Handbuch Messen gemäss NIN20XX 	