

Equipos didácticos y de
investigación de la

Energía Solar

- Energía solar fotovoltaica y energía térmica solar
- Comprensión de los fundamentos
- Uso adaptado de conocimientos prácticos

La programación 2E presenta SUS equipos de ensayo de la energía solar

GUNT Gerätebau es conocida a nivel internacional desde hace más de 35 años como proveedor competente de equipos de formación técnicos. Con la programación 2E, GUNT reúne temas de las áreas de la energía y el medio ambiente, especialmente bajo el punto de vista de la sostenibilidad. También con la prioridad redefinida de la energía solar, GUNT se enfrenta a los retos globales actuales.

Iniciación en la era solar

La cantidad de energía solar irradiada anualmente sobre los continentes supera 2000 veces el consumo energético global. Si se tiene en cuenta el problema climático global, queda claro que este potencial debe aprovecharse lo mejor posible.

Para ilustrar el significado de la energía solar para el suministro de energía futuro, en la ilustración se han representado algunas reservas de energía fósiles comparadas.

Aprovechamiento práctico de la energía solar

En el aprovechamiento de la energía solar pueden diferenciarse principalmente dos áreas: la energía solar fotovoltaica y la energía solar térmica.

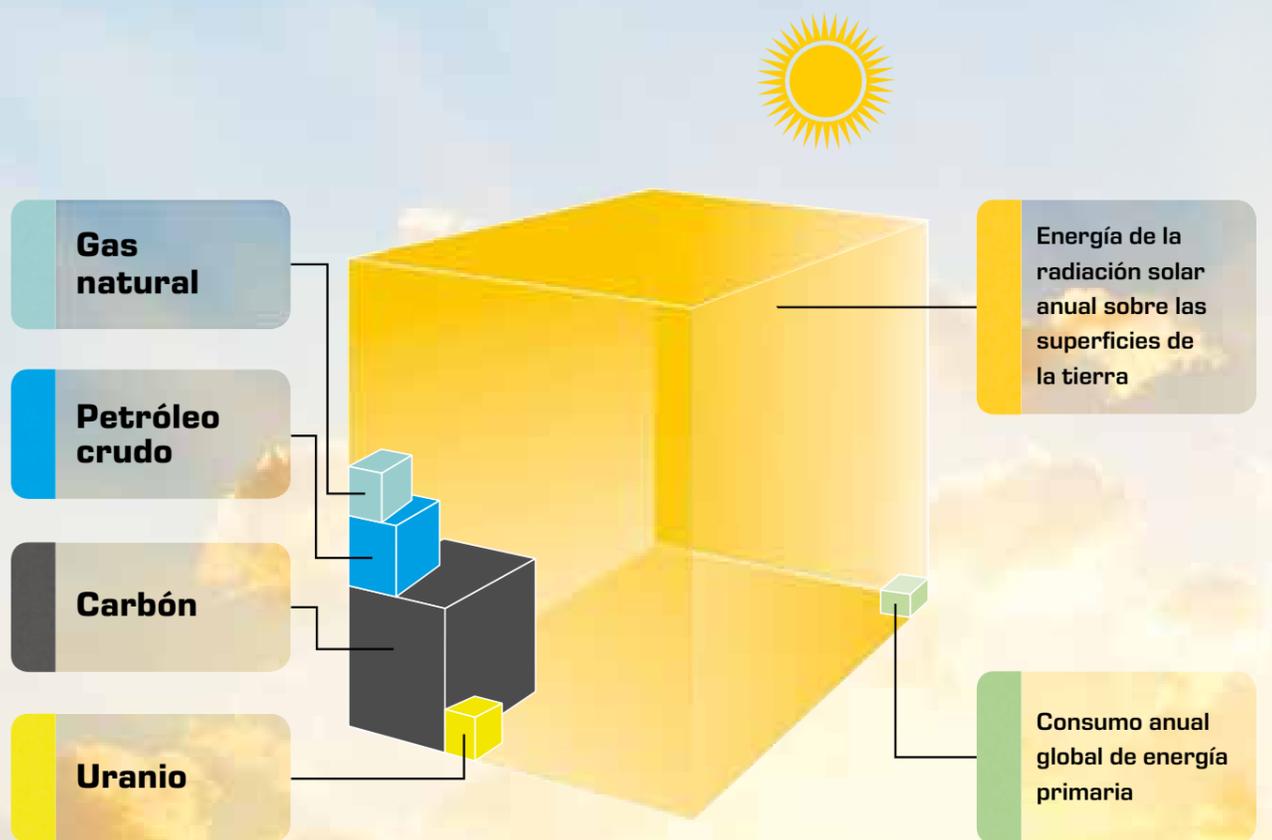
En la energía solar fotovoltaica se produce directamente energía eléctrica; mientras que en la energía térmica solar se produce primero calor, que o bien se utiliza directamente o bien se transforma en energía eléctrica en centrales solares de mayor tamaño a través de motores térmicos.

Ambos tipos de aprovechamiento energético compiten entre sí en el área de pocos MW de potencia eléctrica. Es posible construir grandes instalaciones fotovoltaicas a partir de varios miles de módulos solares. También es concebible poner a disposición la misma potencia con una central energética térmica de colectores cilindro parabólicos. La tecnología seleccionada depende en gran medida de la ubicación planeada y de la integración en la red de distribución.

La ventaja de las instalaciones solares más pequeñas es la puesta a disposición de corriente y/o calor cerca del consumidor según la demanda. Para aprovechar el potencial de la energía solar para un suministro de energía sostenible, es imprescindible comprender y continuar desarrollando conceptos de aprovechamiento modernos.

En este contexto se enmarca nuestra tarea de desarrollar equipos para la formación técnica en el área de la energía solar.

Nuestros equipos didácticos le ayudan a usted y a sus estudiantes a conocer aplicaciones, profundizar en los fundamentos y trabajar de forma adaptada cuestiones específicas de sistemas eficientes.

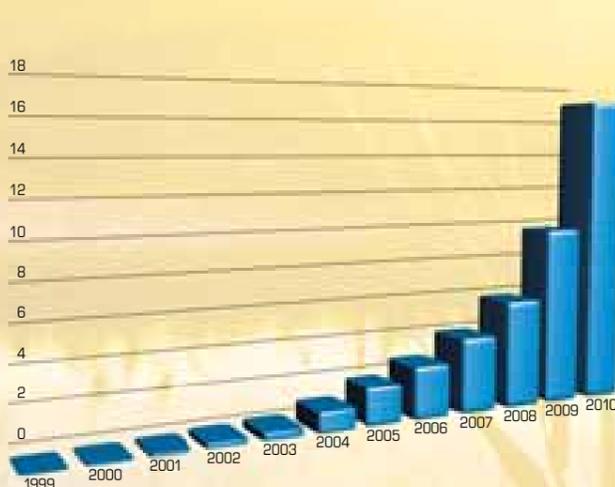


Energía solar fotovoltaica

El próspero desarrollo tecnológico y los incentivos económicos han provocado un crecimiento notable de instalaciones de potencia fotovoltaica en los últimos años.

La corriente solar generada es suministrada directamente a la red de un distribuidor de energía o se consume directamente in situ.

Las ventajas de una generación de corriente de este tipo son conocidas: La corriente solar contribuye a la protección del medio ambiente, reduce los gastos del transporte de corriente y asegura un suministro de energía económico e independiente.

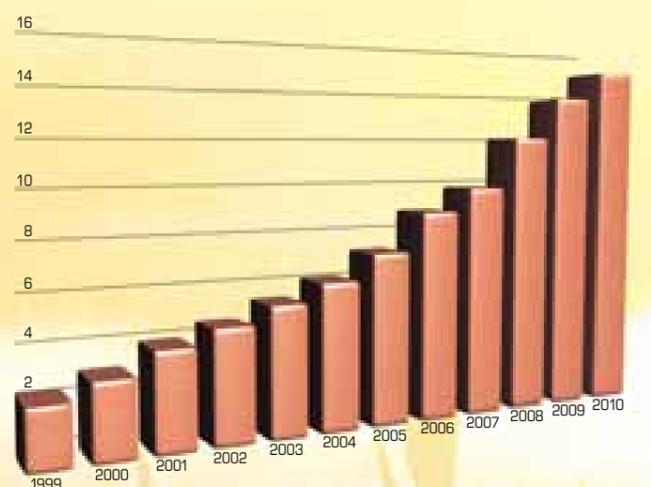


Desarrollo de la potencia fotovoltaica instalada en Alemania en GW_{pv} (fuente: BSW-Solar)

Energía térmica solar

La energía procedente de colectores térmicos solares se utiliza hasta ahora principalmente para la calefacción y el calentamiento de agua sanitaria. Además, la energía térmica solar puede utilizarse también como fuente para calor de proceso en la industria, para la generación de vapor en centrales energéticas e incluso para refrigerar. Dependiendo de la aplicación se utilizan distintos tipos de colectores.

En el diagrama siguiente se utiliza la superficie de colectores instalados como medida para el crecimiento anual de instalaciones térmicas solares.



Desarrollo de la superficie de colectores térmicos solares instalados en Alemania en millones de m² (fuente: BSW-Solar)



Visite nuestro sitio web en www.gunt2e.de

Representación con 2E del potencial de la energía solar en la formación técnica

Enseñe las distintas posibilidades de aprovechamiento de la energía solar en el marco de un curriculum estructurado.

El concepto didáctico

En pasos significativos hacia los elementos esenciales de la energía solar fotovoltaica

Técnica de aplicación 1
Colocación correcta de los módulos solares fotovoltaicos

Fundamentos de la energía solar fotovoltaica
Fundamentos tecnológicos de células y módulos

Técnica de aplicación 2
Estudio y simulación de sistemas

Equipos didácticos 2E de la energía solar fotovoltaica



ET 250 Medición en Módulos Solares

Función de los módulos solares

Página 4

Página 6
ET 250.01

Página 7
ET 250.02



ET 252 Medición en Células Solares

Banco de ensayos con cuatro células solares de libre conexión y diodos de derivación

Página 9



ET 255 Aprovechamiento Fotovoltaico: en paralelo a la red o en isla

Banco de ensayos con simulador fotovoltaico para trabajar con componentes eléctricos de la práctica fotovoltaica

Página 10

Aprendizaje de fundamentos y aplicaciones de la generación de calor solar

Técnica de aplicación 1
Utilización de colectores planos modernos

Fundamentos de la energía térmica solar
Factores de la generación de calor térmica solar

Técnica de aplicación 2
Aprovechamiento combinado de calor renovable

Equipos didácticos 2E de la energía térmica solar



HL 313 Calentamiento de Agua Sanitaria con Colector Plano

Aprovechamiento de la energía térmica solar con componentes de la práctica

Página 13



ET 202 Fundamentos de la Energía Térmica Solar

Modelo de una instalación térmica solar

WL 377 Banco de Ensayos de Convección y Radiación

Transferencia de calor por convección y por radiación a gases

Página 15

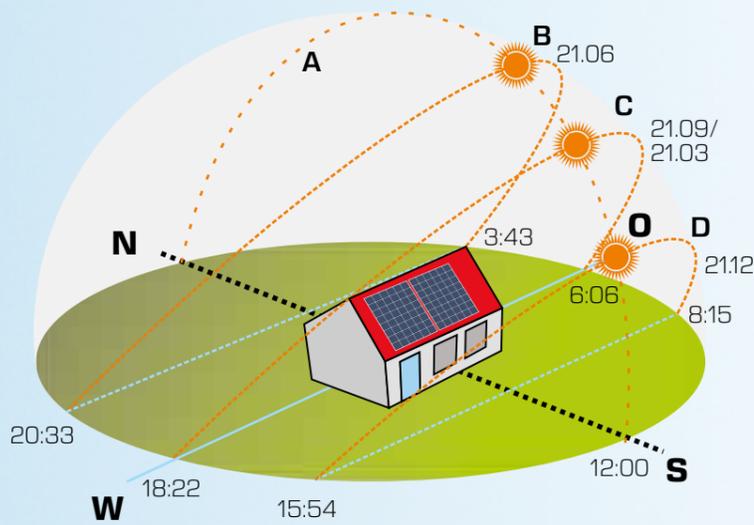


HL 320 Sistema Modular de Energía Térmica Solar y Bomba de Calor

Combinación de distintos módulos, regulador universal de configuración libre

Página 17

Instalación correcta de los módulos solares fotovoltaicos



La orientación de las superficies modulares hacia el punto cardinal y su inclinación desempeñan un papel fundamental en la optimización de la productividad de una instalación solar.

La ilustración muestra la posición visible del sol sobre la tierra en las distintas estaciones. Las horas definidas para la salida y puesta del sol son de Berlín:

- A cenit
- B solsticio de verano
- C comienzo de primavera/otoño
- D solsticio de invierno

De la célula al módulo

La célula solar representa la unidad más pequeña de un módulo fotovoltaico. Una sola célula suministra sólo una tensión de circuito abierto reducida de aprox. 0,6 voltios. Para alimentar energía eléctrica a la red o para que los consumidores funcionen con ella, esta tensión no es suficiente. Un módulo reúne por tanto varias células interconectadas en una unidad. Los módulos normales alcanzan tensiones de circuito abierto de aprox. 12 o 24 voltios. Con estas tensiones se puede poner en funcionamiento un consumidor de tensión continua o cargar un acumulador. El módulo representa la forma más pequeña de un generador fotovoltaico. Una instalación fotovoltaica completa contiene, además de los módulos generadores, otros componentes para la transformación y puesta a disposición de la corriente solar.

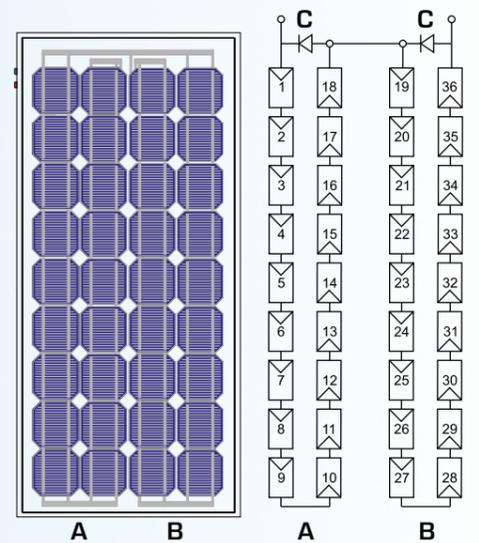
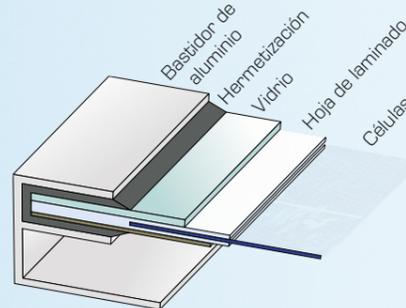
Funcionamiento con rendimiento óptimo

La potencia eléctrica del módulo fotovoltaico proviene del producto de la corriente y la tensión en el punto de funcionamiento. El punto de funcionamiento se define a través de la carga eléctrica del consumidor conectado.

Para comprobar si se ha alcanzado el punto de funcionamiento óptimo, debe conocerse la curva característica de corriente y tensión. La medición de la curva característica puede realizarse con una resistencia de carga variable.

Encapsulado de los módulos

Las células normales constan de láminas de silicio finas. Después del enlace eléctrico, deben integrarse en el módulo a prueba de rotura y a prueba de intemperie.



El los módulos fotovoltaicos típicos se conectan 18 células en serie en ramales. Cada ramal (A, B) está protegido por un **diodo de derivación** (C). De este modo, si falla un ramal se conserva una parte de la potencia modular y las células están protegidas contra daños.



ET 250 Medición en Módulos Solares



Funcionamiento

Con este banco de ensayos puede transmitir de forma práctica los aspectos fundamentales del funcionamiento de módulos solares.

El ET 250 dispone de dos módulos solares. Los módulos solares pueden ser conectados opcionalmente en serie o en paralelo. Usted puede ajustar individualmente el ángulo de inclinación de los módulos. Para los ensayos dispone de un indicador, que visualiza todos los valores de medición relevantes de forma clara.

En base a los valores de medición pueden crearse curvas características de corriente y tensión. Estas curvas características son un criterio fundamental para la evaluación de la eficiencia de una instalación fotovoltaica.

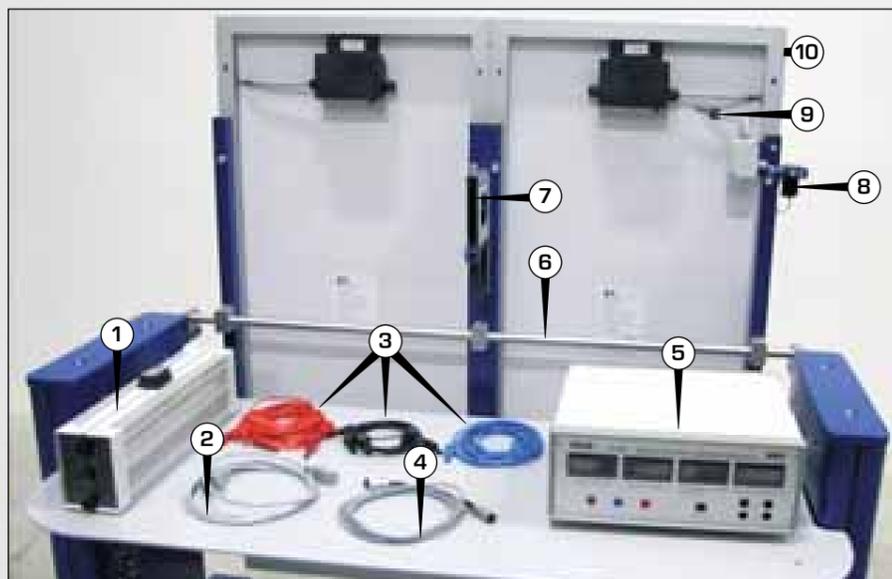
Conocimiento de la práctica de la generación de corriente solar en módulos fotovoltaicos con el **ET 250**



Objetivos didácticos

- Comportamiento físico de módulos fotovoltaicos con iluminancia, temperatura y ensombrecimiento variables
- Conocimiento de variables características importantes como corriente de cortocircuito, tensión de circuito abierto y potencia máxima
- Registro de curvas características de corriente y tensión en conexión en paralelo y en serie
- Influencia de la inclinación del módulo solar
- Determinación del rendimiento

Los componentes del equipo



1 reóstato de cursor, 2 cable de red, 3 juego de cables para conexión en paralelo y en serie, 4 cable de medición, 5 unidad de medición, 6 eje basculante, 7 medidor de inclinación, 8 sensor de iluminancia, 9 sensor de temperatura, 10 módulos fotovoltaicos

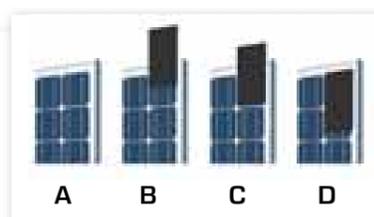
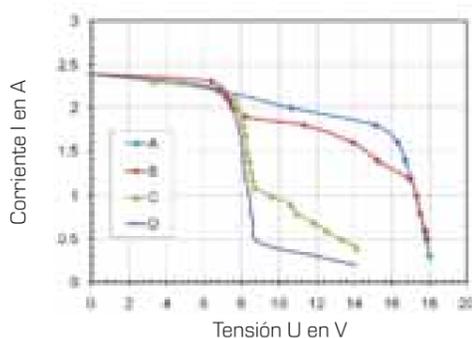


Sensor para iluminancia



Diodos de derivación en el módulo

La unidad de medición



Ensayos con ensombrecimientos

El ensombrecimiento representa en muchos lugares una causa fundamental de pérdidas de productividad. Para este efecto también se han previsto ensayos enfocados con el ET 250. Los resultados pueden compararse con ensayos de referencia documentados. En la ilustración se han representados curvas características de corriente y tensión para distintos ensombrecimientos en las diversas células de un módulo.



Aquí encontrará detalles adicionales y datos técnicos.

El material didáctico adjunto

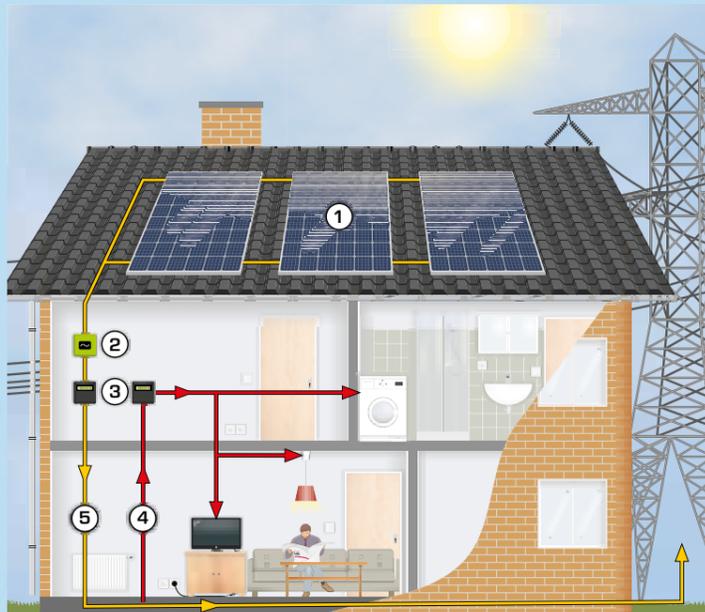
El material didáctico bien estructurado guía paso a paso por los distintos ensayos y representa también los fundamentos correspondientes de forma adecuada. Entre los temas se encuentran, p.ej., la observación de datos meteorológicos así como el diseño de la instalación.



Alimentación de corriente solar a la red



Después de que las aplicaciones fotovoltaicas se limitaran al principio a nichos como el suministro de consumidores de difícil acceso, hoy en día se instala la mayor parte en funcionamiento en paralelo a la red. En el funcionamiento en paralelo a la red se alimenta la corriente solar generada a una red eléctrica pública después de la transformación a corriente alterna. Los componentes esenciales de una instalación en funcionamiento en paralelo a la red están representados en la ilustración siguiente:



1 módulos fotovoltaicos, 2 inversor, 3 contador, 4 conexión a los consumidores, 5 alimentación a la red

La corriente solar suministrada es registrada por un contador de alimentación, que es leído por el proveedor de red. El consumo de corriente para el suministro doméstico queda cubierto hasta ahora mayoritariamente por la red y es registrado por otro contador. Para promover especialmente el consumo propio de la corriente solar generada, este tipo de aprovechamiento se paga por separado en Alemania.



Seguridad de la instalación

Debido al número creciente de instalaciones fotovoltaicas conectadas en paralelo a la red, surgen requisitos especiales relacionados con la técnica de estabilización de la tensión y frecuencia de red. Para la autorización de una instalación fotovoltaica conectada en paralelo a la red son necesarios dispositivos de seguridad como, p.ej., contra rayos o contra incendios.

ET 250.01 Energía Solar Fotovoltaica para Funcionamiento en Paralelo a la Red

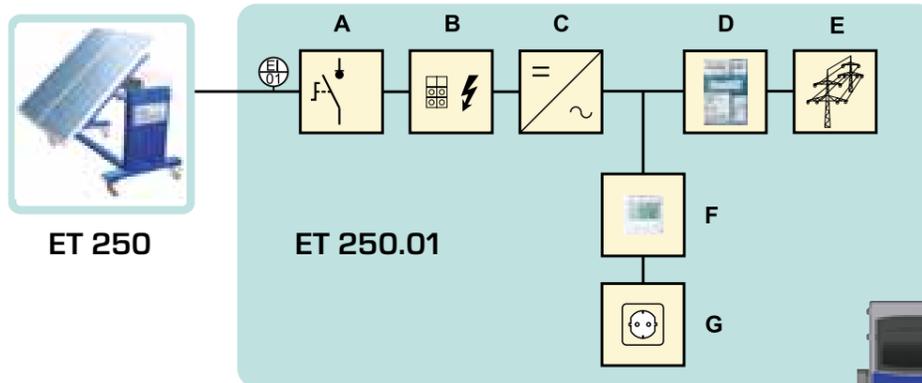
Componentes y función

El ET 250.01 ha sido concebido como módulo de ampliación para el ET 250 y le ofrece la posibilidad de completar de forma práctica los contenidos didácticos del ET 250.

El ET 250.01 contiene componentes de la práctica fotovoltaica, que son necesarios para el aprovechamiento de la corriente solar en conexión con una red eléctrica pública. Entre ellos se encuentran:

- Seccionador de CC (A)
- Protección contra sobretensión (B)
- Inversor conmutado por la red con seguimiento del punto de máxima potencia, MPPT y supervisor de red (C)
- Contador de alimentación reversible con funciones de medición inteligente (D)
- Contador para consumo propio (F)
- Enchufe (G)

Los componentes están instalados de manera clara sobre un esquema de conexiones. En los puntos relevantes del circuito se han integrado enchufes de prueba para el uso de instrumentos de medición manual para corriente y tensión. A través de contadores de energía pueden registrarse la energía alimentada y el consumo propio.



Objetivos didácticos

- Función de los componentes para el funcionamiento en paralelo a la red
- Dispositivos de seguridad de las instalaciones fotovoltaicas
- Función de un inversor conmutado por la red con optimización de potencia (seguimiento del punto de máxima potencia, MPPT)
- Función de los contadores de energía reversibles modernos para la alimentación de red
- Rendimiento de transformación de un inversor conmutado por la red
- Balance energético en el funcionamiento en paralelo a la red

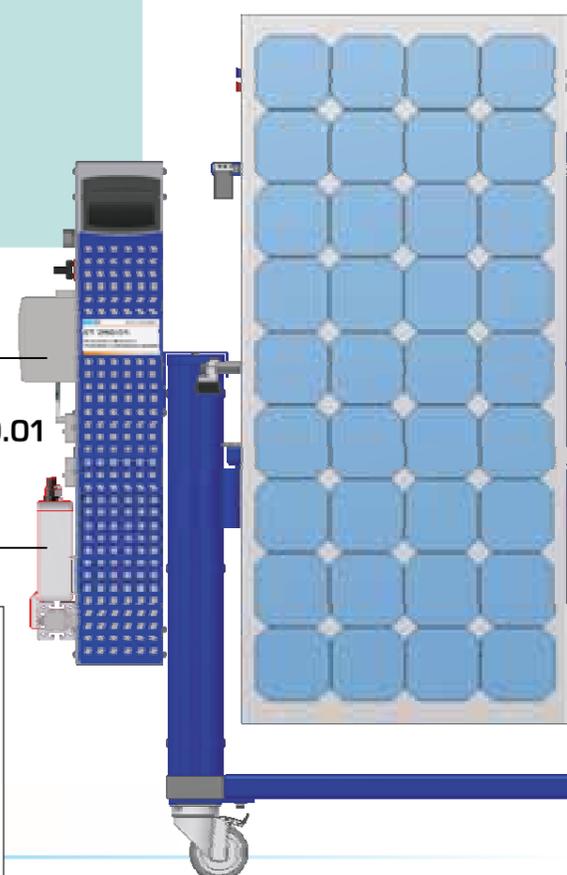
Contador de alimentación

ET 250.01

Inversor



Aquí encontrará detalles adicionales y datos técnicos.





Suministro de clínicas alejadas

La energía eléctrica extraída asegura durante el día la refrigeración de los medicamentos. La energía sobrante se guarda en acumuladores y está disponible por la noche para la iluminación de las salas de tratamientos.



Señalización luminosa de señales de navegación marítima

Desde hace tiempo se utilizan señales de navegación marítima luminosas en lugares especiales al marcar rutas de navegación. Si la energía necesaria para la fuente de luz es puesta a disposición a través de un sistema en isla fotovoltaico, no es necesario utilizar otras fuentes energéticas. Especialmente en lugares inaccesibles esto contribuye a reducir notablemente el gasto de funcionamiento.

Corriente solar para el suministro independiente de la red

Las instalaciones solares fotovoltaicas se utilizan en funcionamiento en isla cuando para el suministro de corriente, p.ej., en ubicaciones alejadas, no se puede o debe conectar a ninguna red. Los siguientes componentes pertenecen a un sistema en isla típico:

- Generador fotovoltaico
- Transformador de tensión
- Regulador de carga
- Acumuladores
- Consumidores

En las instalaciones pequeñas pueden estudiarse aspectos importantes de instalaciones en isla típicas. Para la seguridad de suministro resulta decisivo el diseño de las dimensiones del módulo y el acumulador. Deben tenerse en cuenta, p.ej., las oscilaciones diarias y estacionales de los recursos de energía solar así como las puntas de carga que se esperan de la aplicación.

ET 250.02 Energía Solar Fotovoltaica para Funcionamiento en Isla

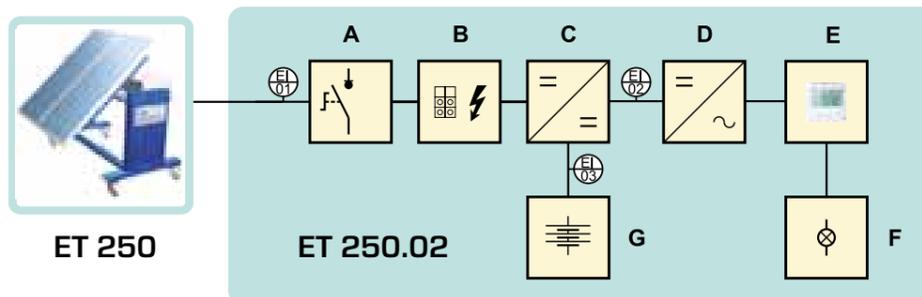
Componentes y función

También el ET 250.02 es un módulo de ampliación para el ET 250. El equipo le permite enseñar aspectos esenciales del aprovechamiento solar en sistemas en isla. El ET 250.02 contiene para ello todos los componentes necesarios:

- Seccionador de CC (A)
- Protección contra sobretensión (B)
- Regulador de carga con seguimiento del punto de máxima potencia, MPPT (C)
- Inversor de funcionamiento en isla (D)
- Contador para consumo propio (E)
- Lámpara halógena como carga eléctrica (F)
- Acumulador (G)

Para la realización de los ensayos se conectan los módulos fotovoltaicos del ET 250 al ET 250.02. Cuando el regulador de carga recibe corriente solar, éste comienza a funcionar. El seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y el comportamiento con distintos estados de carga del acumulador pueden ser estudiados. Los enchufes de prueba integrados en el esquema de conexiones permiten realizar mediciones de corriente y tensión con ayuda de instrumentos de medición manual.

A través del contador de energía puede registrarse el consumo propio de una lámpara, que es parte del módulo de ensayos.



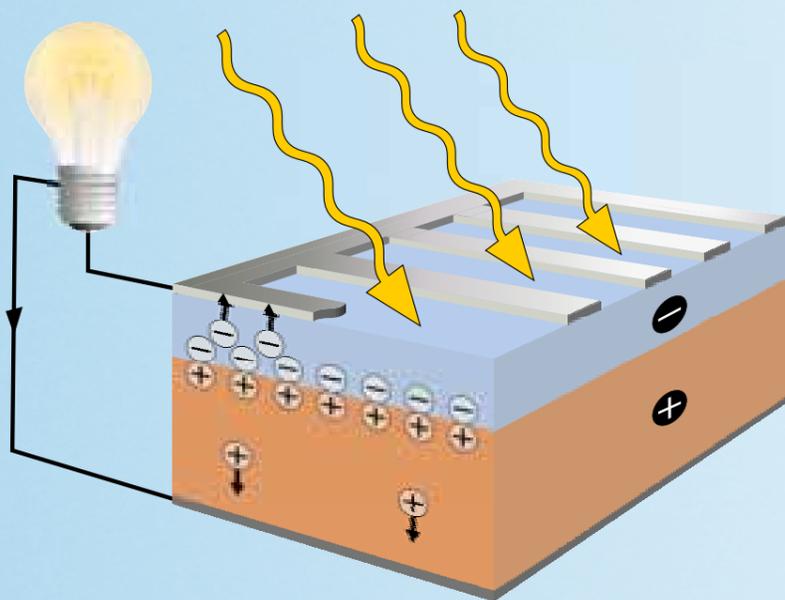
Objetivos didácticos

- Función de los componentes para el funcionamiento en isla
- Función de un regulador de carga
- Aprovechamiento de acumuladores
- Inversor de funcionamiento en isla
- Dispositivos de seguridad
- Rendimiento de transformación de un inversor de isla
- Balance energético en funcionamiento en isla



Aquí encontrará detalles adicionales y datos técnicos.

Desarrollo de fundamentos de las **células solares fotovoltaicas** bajo condiciones definidas



Funcionamiento de una célula solar

Una célula solar típica consta de dos capas distintas del semiconductor silicio. Mediante el enriquecimiento con fósforo o boro se crea un exceso en la capa superior y un hueco en la capa inferior de electrones.

Dentro de la célula solar se genera un campo eléctrico debido al enriquecimiento. La capa superior actúa como polo negativo (cátodo). Y la capa inferior como polo positivo (ánodo).

A través de la absorción de luz (fotones), los electrones se movilizan en la célula solar. El electrón excitado se puede mover en la banda de conducción y deja un hueco móvil cargado positivamente en la banda de valencia.

Fabricación

Después de que Alexandre Edmond Becquerel ya en 1839 descubriera el efecto fotoeléctrico, pasaron todavía más de 100 años hasta que en 1954 se pudo fabricar la primera célula solar de silicio. Las más comunes son las células solares de silicio monocristalino o policristalino. Como material de partida se sierran primero lascas muy finas (plaquitas) de un bloque de silicio.

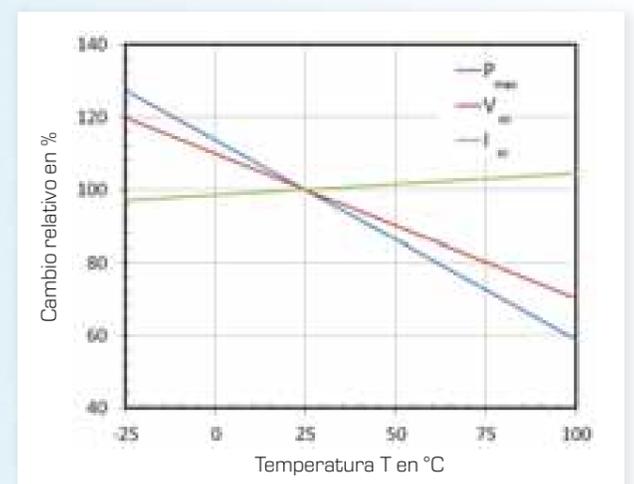
Hasta la formación de la célula final es necesario realizar una serie de pasos adicionales. Principalmente se pueden ordenar en los siguientes pasos de procesado:

- Enriquecimiento (montaje del campo eléctrico)
- Pasivación (reducción de errores materiales)
- Enlace (serigrafía con pastas conductoras)

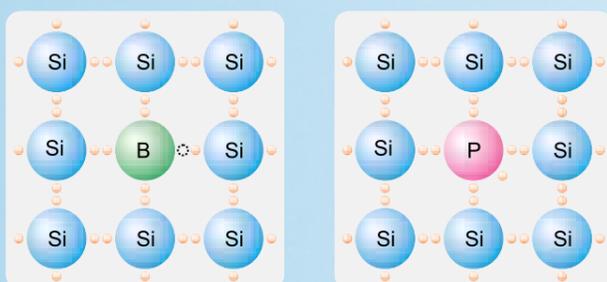
La productividad de las células solares depende de la temperatura

Durante el funcionamiento se transforma el 25% de la energía solar en corriente eléctrica. El porcentaje restante provoca el calentamiento de la célula solar. Debido a los efectos en el material semiconductor, éste provoca una reducción de la eficiencia de la célula solar. Por ello, resulta favorable montar los módulos con una distancia suficiente de la base para garantizar su refrigeración mediante una corriente de aire en la parte posterior del módulo.

Con el **ET 252** puede estudiar el efecto de la temperatura en la célula solar.



Dependencia de la temperatura relativa a la potencia (P_{max}), tensión de circuito abierto (V_{oc}) y corriente de cortocircuito (I_{sc})



Enriquecimiento de silicio: el fósforo provoca el exceso de electrones, el boro crea un hueco de electrones



Línea de producción para la fabricación de células solares de silicio

ET 252 de la célula solar al módulo



1 La unidad de alumbrado contiene 16 lámparas halógenas individuales. La iluminancia deseada puede ajustarse en el software y es controlada mediante un sensor de referencia.

Para los ensayos pueden conectarse las distintas células solares a través de un panel de conexión con distintas configuraciones. En el circuito pueden integrarse también diodos de derivación.

Componentes del equipo:

- 1 unidad de alumbrado con luminosidad regulable
- 2 cuatro células solares de silicio monocristalino
- 3 refrigeración Peltier/calefacción
- 4 unidad de alimentación y medición

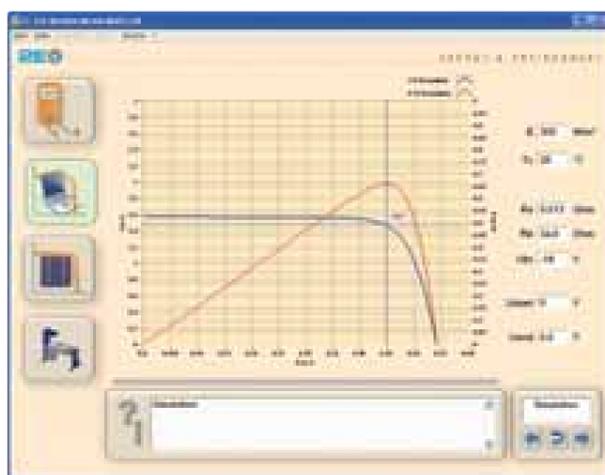
Software con función tutor

Con el software completo pueden manejarse todas las funciones del equipo a través de USB desde un ordenador o portátil externo. Además del control de luminosidad y temperatura también se parametriza la medición de **curvas características automatizada** mediante el sumidero de corriente controlado por software.



Objetivos didácticos / ejercicios

- Curvas características de corriente y tensión de células solares
- Conexión en serie y en paralelo de células solares
- Influencia de la temperatura en los parámetros de las células solares
- Comportamiento de la célula solar con iluminancias diferentes y ensombrecimiento parcial

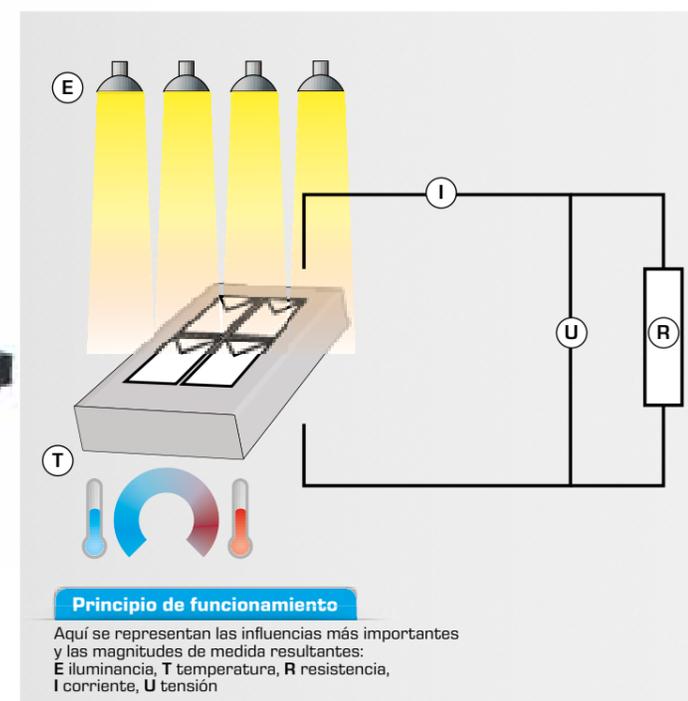


El software contiene además una **función tutor** integrada, que ayuda a la iniciación en los fundamentos de la energía solar fotovoltaica y en las distintas posibilidades de medición del equipo en pasos proporcionados desde el punto de vista didáctico.

Las animaciones aclaran los fundamentos de las células conectadas y las opciones seleccionables en el panel de conexión integrado.

Funciones del banco de ensayos

El ET 252 le permite transmitir las relaciones fundamentales de la energía solar fotovoltaica mediante experimentos desarrollados. Los componentes principales del equipo de ensayo son cuatro células solares que son irradiadas con una unidad de alumbrado ajustable. Mediante un elemento de refrigeración Peltier regulado pueden atemperarse las células solares. De este modo se pueden realizar series de medición comparadas sobre la influencia de la temperatura en las variables características de las células.



Dos hechos son el punto central del concepto didáctico:

Tipos de conexión

En una conexión en serie se suman las tensiones de las distintas células solares. La intensidad de la corriente permanece constante. Sin embargo, en una conexión en paralelo la tensión permanece constante mientras que las corrientes de las distintas células se suman.

Curvas características de corriente y tensión

Las curvas características de corriente y tensión sirven para evaluar la eficiencia de una instalación fotovoltaica. El desarrollo de la curva depende, entre otras cosas, de la iluminancia y de la temperatura.



Aquí encontrará detalles adicionales y datos técnicos.

2E a division of

gunt
HAMBURG

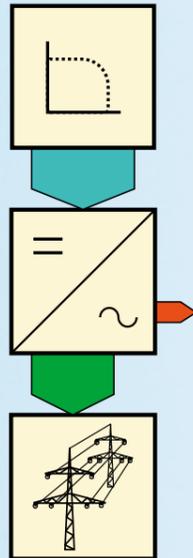
Aprovechamiento eficiente de la corriente solar

Simulación de estados de funcionamiento

Tanto en instalaciones en isla como también en instalaciones conectadas en paralelo a la red, los cambios de iluminancia, temperatura y grado de utilización provocan un desplazamiento del punto de funcionamiento eléctrico. De esta manera se producen cambios del estado de funcionamiento y desviaciones del rendimiento de los componentes del sistema.

Este comportamiento de los componentes del sistema puede estudiarse mediante ensayos prácticos con módulos fotovoltaicos o a través de la simulación de sus curvas características de corriente y tensión.

Los datos adquiridos de este modo pueden utilizarse en el pronóstico de rendimientos de la instalación mediante datos meteorológicos. En inversores de funcionamiento debe calcularse especialmente el comportamiento en el área de la carga parcial. De este modo, el rendimiento puede disminuir, p. ej., con grados de utilización de un quinto de la potencia nominal, por debajo del 60%.



El factor de aprovechamiento energético

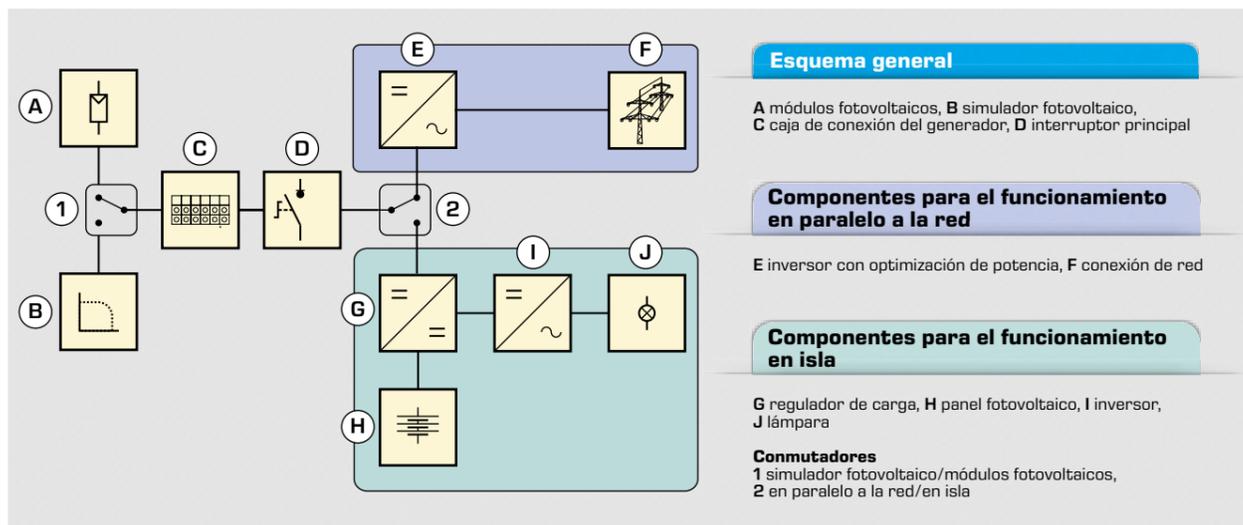
El factor de aprovechamiento energético de un inversor puede calcularse, p. ej., en un periodo de un año. Éste resulta de la relación de la cantidad de energía realmente utilizada y el recurso de energía teóricamente disponible de los módulos fotovoltaicos conectados. Para lograr un factor de aprovechamiento energético elevado, el inversor debería adaptarse al máximo a la potencia de los módulos conectados y la distribución de todo el año del recurso de energía solar.



Optimización de potencia en funcionamiento en paralelo a la red o en isla

Cuando se producen cambios de la iluminancia y la temperatura, se desplaza el punto de funcionamiento óptimo de un módulo fotovoltaico. En el funcionamiento en paralelo a la red se realiza la adaptación necesaria del punto de funcionamiento (seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT)) principalmente a través de una función integrada del inversor. En sistemas con el funcionamiento en isla, esta función suele estar incluida entre las funciones del regulador de carga.

ET 255 Aprovechamiento Fotovoltaico en Paralelo a la Red o en Isla



Funcionamiento

Con el banco de ensayos ET 255 puede estudiarse los componentes de los sistemas fotovoltaicos con conexión a la red y para el funcionamiento en isla bajo condiciones de funcionamiento reales. Puede trabajar con módulos fotovoltaicos reales (ET 250) o con el simulador fotovoltaico integrado.

El control y parametrización del simulador fotovoltaico se realiza mediante software. Las otras funciones de software permiten el registro y representación de los valores de medición y respaldan la consecución de los respectivos objetivos didácticos especificados.

Para el funcionamiento en paralelo a la red se dispone de un inversor modular. En el funcionamiento en isla pueden utilizarse distintos reguladores de carga, un inversor y un acumulador.

Para realizar mediciones eléctricas con instrumentos de medición manual, el ET 255 está equipado en todos los puntos relevantes con puntos de medición para corriente y tensión.



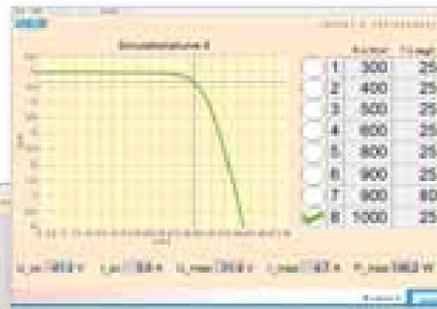
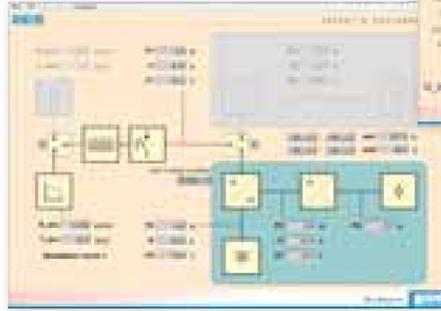
Aquí encontrará detalles adicionales y datos técnicos.



ET 255 el software

Manejo y registro de datos

El estado de funcionamiento y los valores de medición actuales se visualizan con el software ET 255 en una representación clara. Para la evaluación posterior en programas de hojas de cálculo externos pueden guardarse continuamente los valores de medición.



El simulador fotovoltaico

A través de la interfaz de manejo clara del simulador fotovoltaico pueden seleccionarse curvas características para distintas iluminancias y temperaturas. El fundamento teórico para el cálculo de curvas características de corriente y tensión constituye el llamado modelo de dos diodos.



Los conceptos fundamentales de la práctica del aprovechamiento fotovoltaico moderno pueden determinarse en pasos sistemáticos con ET 255.

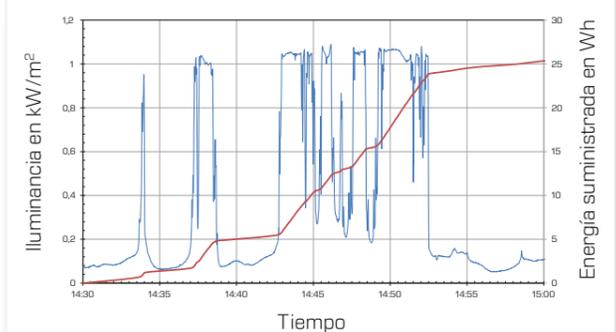
Combinación de ET 255 con ET 250 y HL 313.01

Los equipos 2E del área de la energía solar fotovoltaica forman parte de un concepto modular. La combinación de equipos ampliada para la práctica fotovoltaica consta de los equipos siguientes:

- ET 250 Medición en Módulos Solares
- HL 313.01 Fuente de Luz de Laboratorio
- ET 255 Aprovechamiento Fotovoltaico

Al conectar el ET 250 al ET 255 se transmiten los valores de medición de los módulos fotovoltaicos al ET 255.

Con el software correspondiente pueden registrarse estos datos y representarse. Como se muestra a continuación, estos datos pueden utilizarse para cálculos de productividad en programas de hojas de cálculo.



Productividad de corriente solar con paso de nubes

El ET 255 en funcionamiento en la Escuela Técnica Superior (FH) Joanneum / Austria

En la Escuela Técnica Superior (FH) Joanneum en Kapfenberg, Austria, se utiliza el banco de ensayos ET 255 para realizar prácticas en el área de la gestión energética y medioambiental. A través del simulador fotovoltaico pueden llevarse a cabo ensayos independientemente de las condiciones meteorológicas para la eficiencia de instalaciones fotovoltaicas.

Material didáctico adjunto

Un manual adaptado especialmente al programa de ensayos facilita la iniciación también en sistemas complejos. P.ej., en el apartado de fundamentos se presentan conocimientos básicos importantes para el funcionamiento del acumulador de forma proporcionada.

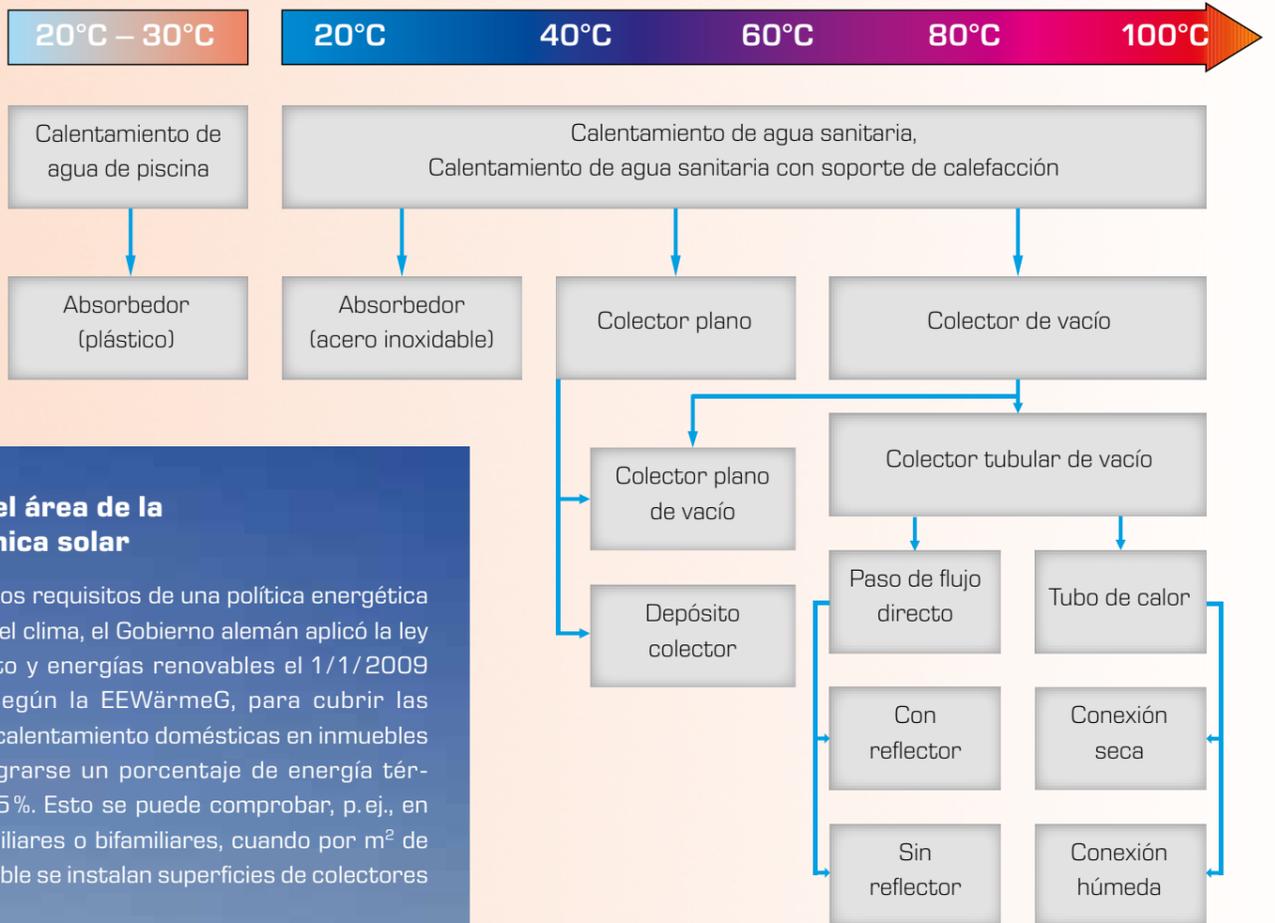
Comprensión de la energía térmica solar en pasos prácticos

Práctica del aprovechamiento de la energía térmica solar

Las áreas principales de aplicación de la energía térmica solar son hasta ahora el calentamiento de agua sanitaria y el soporte de calefacción. Dependiendo de la aplicación y la temperatura necesaria se designan distintos tipos de colectores.

Como, p. ej., para el calentamiento de piscinas descubiertas se necesitan temperaturas relativamente bajas, en este caso sólo se suelen utilizar tipos de colectores sencillos.

Sin embargo, si se requieren temperaturas elevadas, se ofrecen tipos de colectores más efectivos como el colector tubular de vacío.



Medidas en el área de la energía térmica solar

Para satisfacer los requisitos de una política energética respetuosa con el clima, el Gobierno alemán aplicó la ley de calentamiento y energías renovables el 1/1/2009 (EEWärmeG). Según la EEWärmeG, para cubrir las necesidades de calentamiento domésticas en inmuebles nuevos debe lograrse un porcentaje de energía térmica solar del 15%. Esto se puede comprobar, p. ej., en viviendas unifamiliares o bifamiliares, cuando por m² de superficie habitable se instalan superficies de colectores de 0,04m².

Una condición esencial para el funcionamiento correcto de las instalaciones térmicas solares es la instalación profesional de los componentes a través de especialistas con una buena formación.

Colectores planos

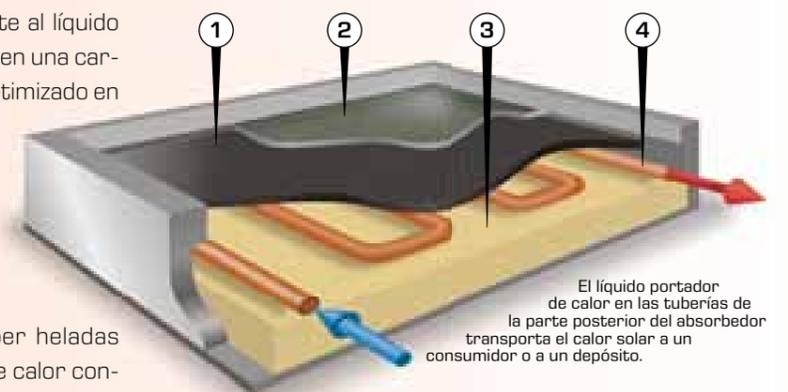
El tipo de colector más común, con una cuota de mercado de aprox. del 90%, es el colector plano. Sus puntos fuertes son la construcción relativamente sencilla y la buena experiencia acumulada.

Construcción de un colector plano

En el interior de un colector plano hay un absorbedor, que transforma la luz del sol en calor y la transmite al líquido portador de calor. El absorbedor se encuentra en una carcasa, que dispone de un aislamiento térmico optimizado en la parte posterior.

- 1 absorbedor
- 2 cubierta de vidrio
- 3 aislamiento térmico
- 4 tubería del portador de calor

Para latitudes templadas, donde puede haber heladas durante el año, debe protegerse al portador de calor contra la congelación. De lo contrario pueden destruirse los colectores planos.

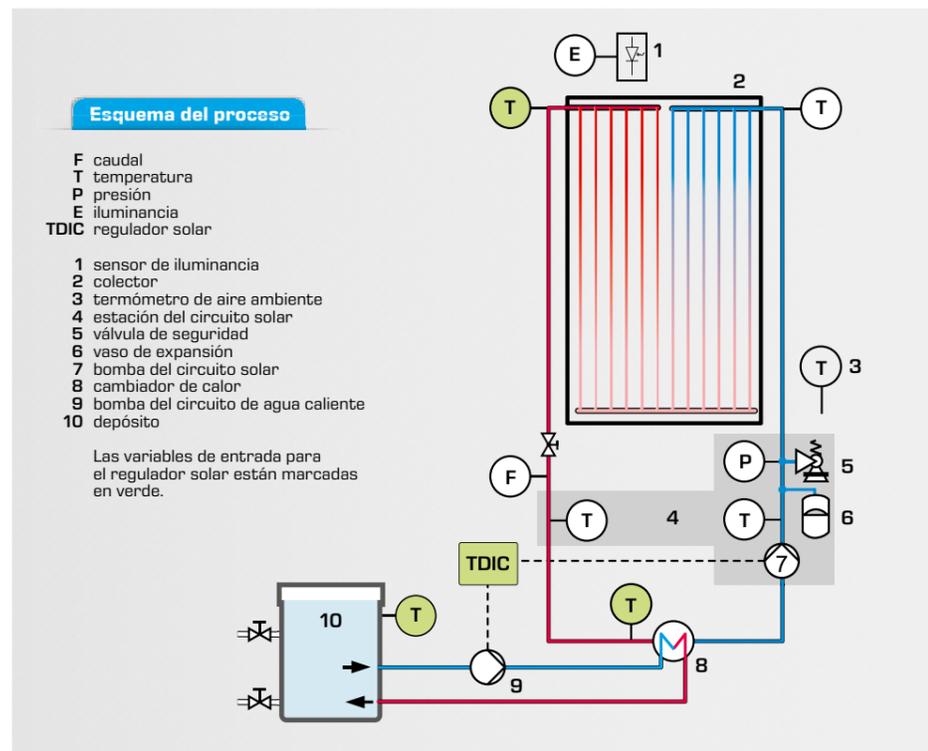


El líquido portador de calor en las tuberías de la parte posterior del absorbedor transporta el calor solar a un consumidor o a un depósito.

Técnica de aplicación de la energía térmica solar 1

HL313 Calentamiento de Agua Sanitaria con Colector Plano

Conozca con el HL 313 los componentes esenciales de la práctica de la generación de agua sanitaria térmica solar. Desde el llenado correcto con un líquido portador de calor hasta la determinación y optimización de la potencia útil, el concepto didáctico contiene aspectos de formación decisivos de la teoría y la práctica.



Funcionamiento

El colector plano absorbe la energía de radiación y la transforma en calor. El calor se transmite a un líquido portador de calor en el circuito solar. El calor llega al circuito de agua caliente a través de un cambiador de calor. Un regulador solar controla las bombas en el circuito de agua caliente y solar. El circuito solar está equipado con componentes de seguridad, que contienen un vaso de expansión de membrana, una válvula de seguridad y un sensor de presión.

La estación del circuito solar

Además del colector, la bomba y los instrumentos de llenado, seguridad y medición constituyen los componentes más importantes de una instalación térmica solar. En la práctica, estos componentes se suelen reunir en la llamada estación del circuito solar.

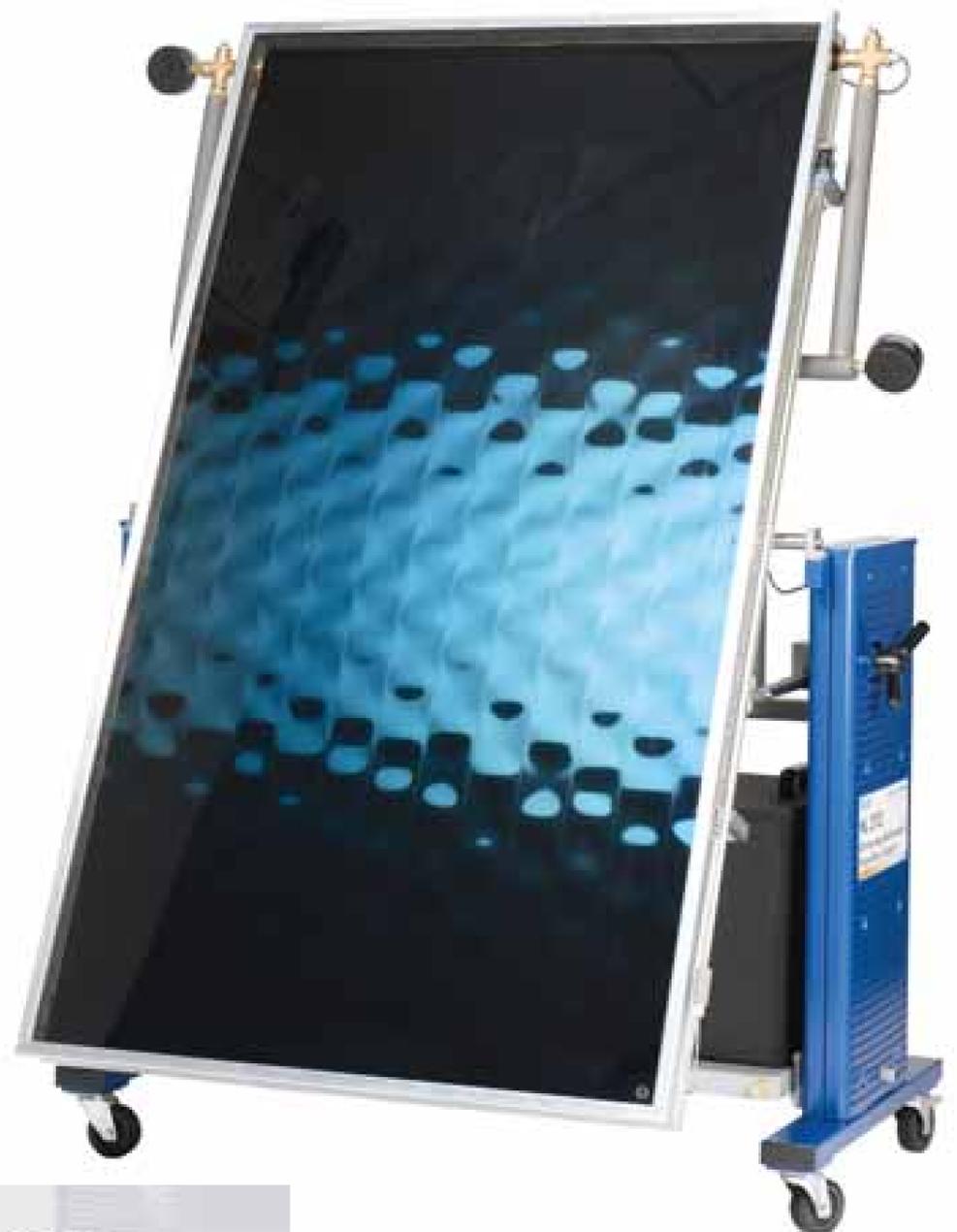


Aquí encontrará detalles adicionales y datos técnicos.



El material didáctico adjunto

El material didáctico, bien estructurado, representa los fundamentos y guía paso a paso por los distintos ensayos.



Utilización en el laboratorio con iluminación artificial o en el exterior cuando la luz solar sea suficiente.

Objetivos didácticos / ejercicios

- Función de un colector térmico solar y montaje del circuito solar
- Función de un regulador solar
- Dependencia del rendimiento del colector de la diferencia de temperatura respecto al ambiente
- Determinación de la potencia útil



Desarrollo de factores del aprovechamiento de la energía térmica solar

La energía del sol mantiene nuestro ambiente a una temperatura media importante para nuestra vida. La radiación solar crea diferencias de temperatura y con ello afecta a los requisitos para las condiciones meteorológicas y climáticas locales. Tanto en las dimensiones globales como también en las dimensiones mucho más pequeñas de un colector térmico solar se pueden observar efectos comparables.

El desarrollo a fondo de los fundamentos de la transformación de energía térmica solar ofrece las mejores condiciones para el funcionamiento correcto y la mejora de colectores y componentes.

Para comprender los fundamentos deben tenerse en cuenta exactamente los pasos individuales y la interacción de los efectos físicos implicados.

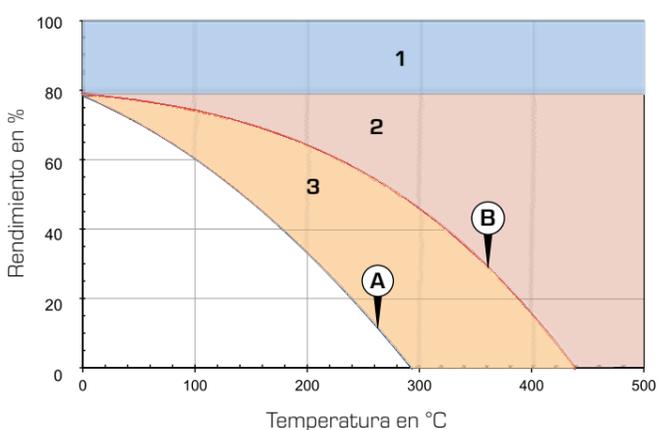
Con nuestros bancos de ensayos para la energía térmica solar quisiéramos ayudarle a comprender los aspectos esenciales de la teoría y la práctica en pasos proporcionados.

Balance energético en el colector

Uno de los objetivos principales del desarrollo de colectores es minimizar las pérdidas. Las proporciones de los canales de pérdidas más importantes del aprovechamiento térmico solar con colectores planos se han representado esquemáticamente en el balance energético siguiente.

- 1 absorción en la atmósfera
- 2 reflexión en la cubierta de vidrio
- 3 convección
- 4 pérdidas por radiación
- 5 pérdidas térmicas

De camino al absorbedor la luz del sol (1) atraviesa primero la cubierta de vidrio. Aquí se refleja una parte de la luz irradiada (2). Otras pérdidas se producen por convección (3), pérdidas por radiación (4) y transporte de calor (5).



Curvas características de rendimiento

Se puede observar que los colectores a temperaturas bajas alcanzan los mejores rendimientos. La causa de esto es un aumento de las pérdidas con el aumento de la temperatura.

Este comportamiento se reconoce en la curva característica de rendimiento mostrada de un colector plano (A).

A curva característica de rendimiento medida

B curva característica calculada con pérdidas por radiación térmica (sin pérdidas por convección y conducción de calor)

En el diagrama se representa además la dependencia de temperatura de las distintas pérdidas mediante secciones marcadas en color:

- 1 pérdidas ópticas
- 2 pérdidas por radiación térmica
- 3 pérdidas por convección y conducción de calor

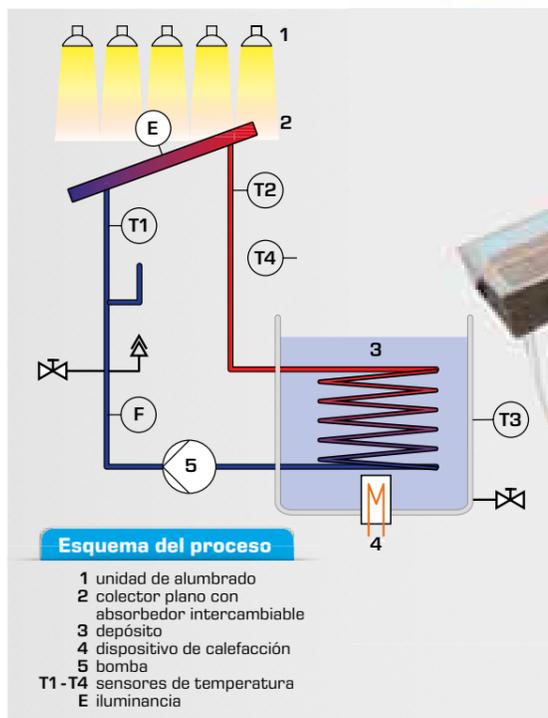
Con ayuda de la curva característica de rendimiento es posible comparar la calidad y el comportamiento de distintos colectores.

Fundamentos de la energía térmica solar ET 202

El banco de ensayos ET 202 le permite realizar series de mediciones sistemáticas como en una instalación térmica solar con colector plano.

Una unidad de alumbrado simula la radiación solar natural. La luz se transforma en calor en un absorbedor y se transmite a un líquido portador de calor. Una bomba transporta el líquido portador de calor a través de un depósito. Aquí se desprende el calor a través de un cambiador de calor integrado al contenido del depósito.

Para mediciones comparadas de pérdidas de colectores, se puede cambiar el absorbedor con recubrimiento selectivo montado previamente por un absorbedor más sencillo revestido de negro. El dispositivo de calefacción eléctrico (4) en el depósito (3) acorta los tiempos de calentamiento para ensayos a altas temperaturas.



Objetivos didácticos /ejercicios

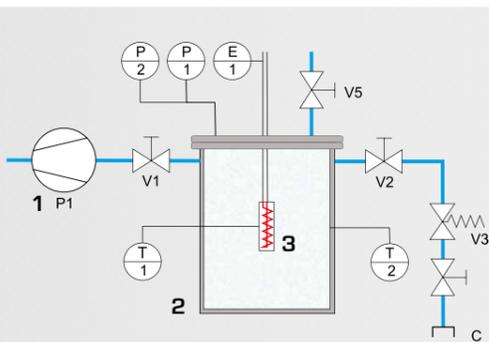
- Montaje y funcionamiento de una planta térmica solar sencilla
- Balance energético en el colector solar
- Influencia de la iluminancia, ángulo de radiación y caudal
- Determinación de curvas características de rendimiento
- Influencia de distintas superficies de absorbedor

Software

La realización de ensayos es respaldada por el software con una representación y evaluación claras de los valores de medición.



Aquí encontrará detalles adicionales y datos técnicos.

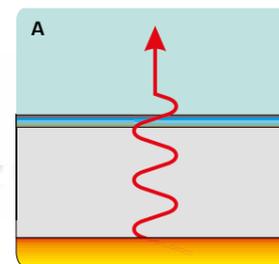


1 bomba de vacío, 2 depósito de vacío, 3 dispositivo de calefacción

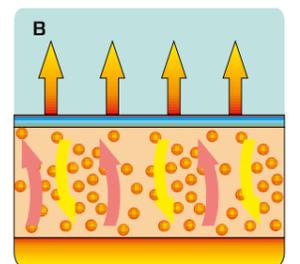


WL377 Banco de Ensayos de Convección y Radiación

El WL377 le permite realizar experimentos del transporte de calor bajo distintas condiciones ambientales. Con éste puede desarrollar especialmente los fundamentos de los procesos típicos de transferencia de calor en un colector térmico solar.



Transporte de calor por radiación



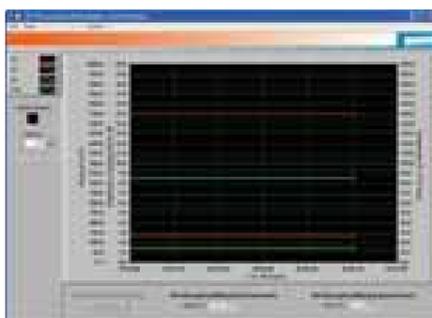
Transporte de calor por convección

Funcionamiento

Mientras que la energía bajo presión ambiental es transportada principalmente por convección, el transporte de energía con presiones muy bajas sólo se produce por radiación.

Un cilindro de metal calentado eléctricamente se encuentra en un depósito a presión que puede evacuarse. A través de la bomba de vacío instalada se crean presiones bajas hasta 1 Pa absoluto. También se pueden generar sobrepresiones hasta 1 bar a través de una conexión de aire comprimido externa.

En la unidad de medición se muestran la presión y las temperaturas. Los valores de medición se pueden transferir al mismo tiempo directamente a un ordenador vía USB para ser evaluados allí con ayuda del software suministrado:



WL 377 Software



Aquí encontrará detalles adicionales y datos técnicos.

Si se evacuan los espacios entre la cubierta de vidrio y el absorbedor, las pérdidas de calor de un colector térmico solar pueden reducirse claramente.

Objetivos didácticos /ejercicios

- Transferencia de calor por convección bajo presión ambiental
- Transferencia de calor por radiación bajo vacío

Aprovechamiento combinado de fuentes de calor renovables

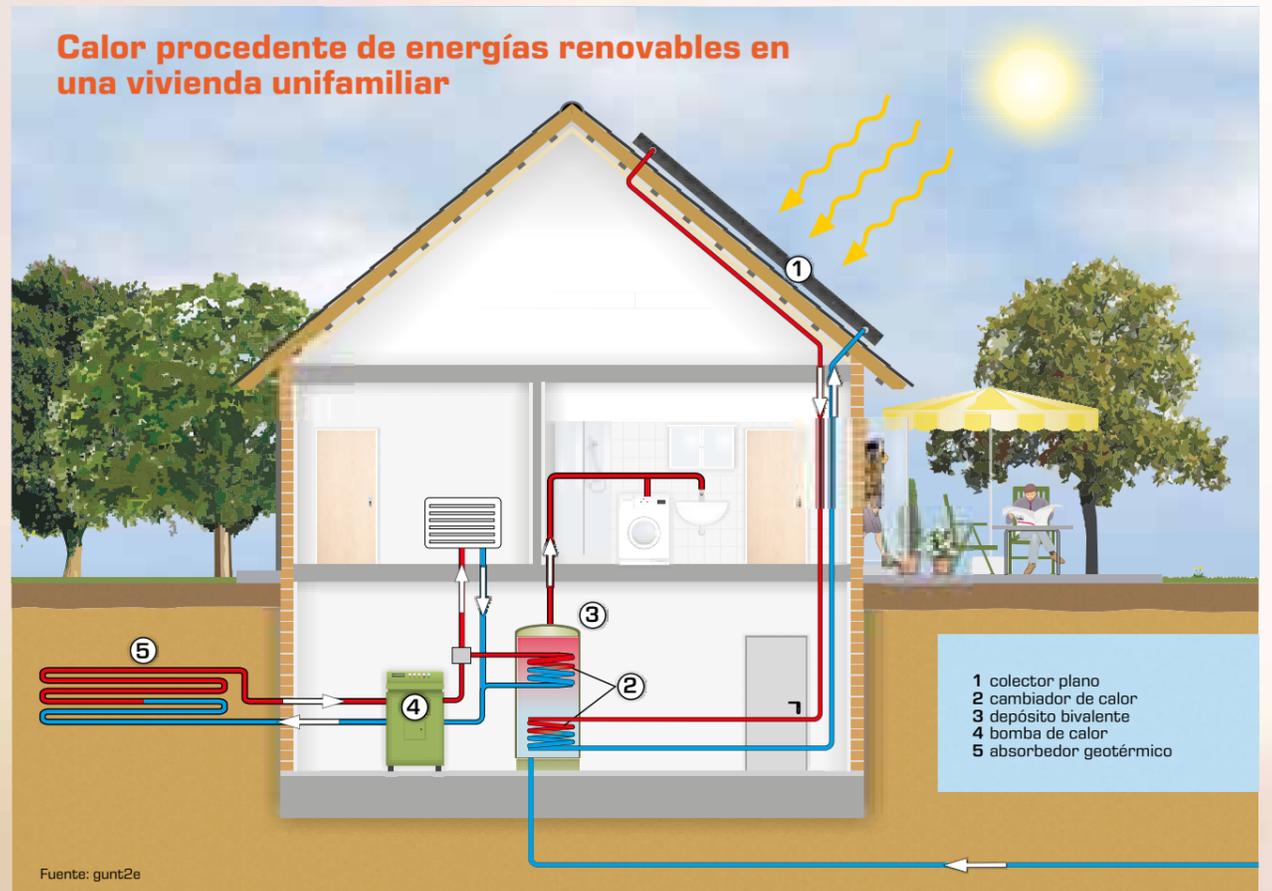
Para edificios de viviendas modernos con un buen aislamiento térmico se presenta una alternativa real de prescindir de una calefacción convencional en muchos casos. Al combinar colectores térmicos solares con una bomba de calor se garantizan entretanto ahorros frecuentes importantes con una seguridad de suministro durante todo el año.



Fuente: Vießmann



En instalaciones de calefacción más grandes, el uso combinado de bombas de calor y energía térmica solar puede provocar una reducción importante de los costes.



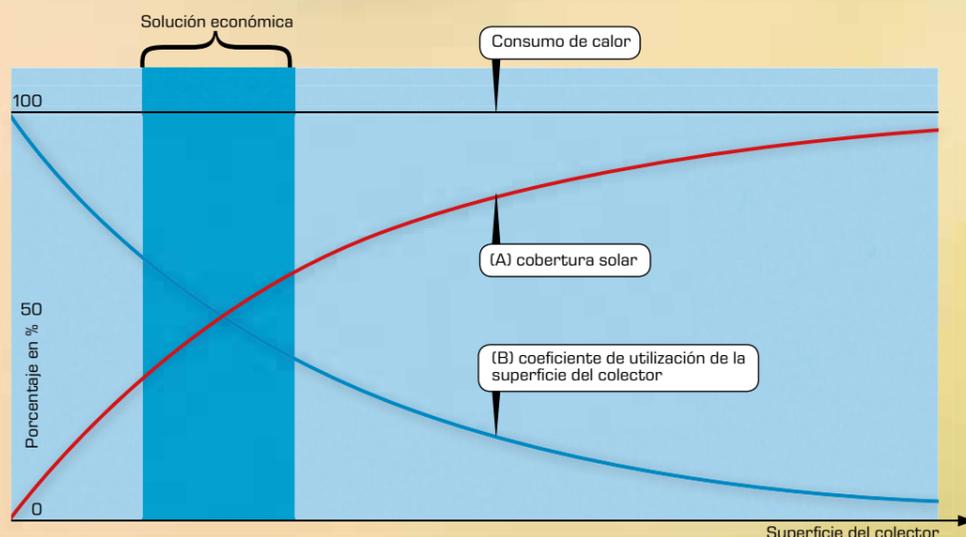
La ilustración muestra un sistema de calefacción de locales y calentamiento de agua sanitaria. El colector plano (1) ayuda a la generación de calor, reduciendo el consumo de energía de la bomba de calor de líquido no congelable (4). El suministro de calor para la bomba de calor se realiza a través del absorbedor geotérmico (5). El depósito bivalente (3) permite la conexión de distintas fuentes de calor y logra un equilibrio entre el recurso y la necesidad de calor.

Diseño y cobertura

Un criterio importante al diseñar instalaciones de calefacción respetuosas con el clima es la cobertura, es decir, el porcentaje de consumo de calor que debe cubrirse de media anual con energía térmica solar.

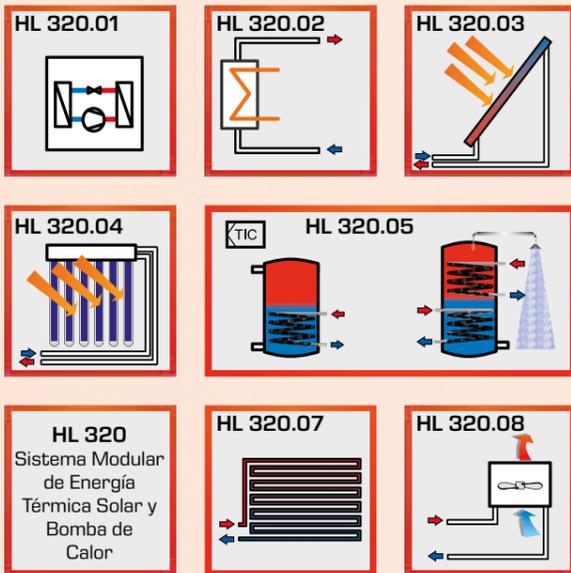
Como se muestra en el diagrama contiguo, con una superficie de colector mayor se consigue una mayor cobertura (A). Sin embargo, el coeficiente de utilización (B) de la superficie del colector se reduce. Es decir, para una instalación dada, se reduce el tiempo en el que la potencia máxima posible se puede aprovechar totalmente.

Una solución económica (área oscura) se consigue mayoritariamente con una relación equilibrada en el área del punto de intersección de las curvas A y B.



Del diagrama se deduce que para una instalación adaptada a la demanda y económica se requiere una fuente de calor adicional aparte de la energía térmica solar. Para determinar qué combinación de componentes de la instalación es la más apropiada, debe conocerse la relación de los componentes en los estados de funcionamiento a esperar.

Energía térmica solar y bomba de calor **HL 320**



Módulos del sistema HL 320:

- **HL 320.01** Bomba de Calor
- **HL 320.02** Calefacción Adicional Convencional
- **HL 320.03** Colector Plano
- **HL 320.04** Colector Tubular de Vacío
- **HL 320.05** Módulo de Acumulación Central
- **HL 320.07** Calefacción de Suelo como Consumidor o Fuente de Calor
- **HL 320.08** Calefacción Soplante como Consumidor o Fuente de Calor

Estos módulos individuales pueden conectarse de forma rápida y sencilla. De este modo es posible estudiar en poco tiempo distintos conceptos de instalación con los mismos módulos.

El concepto modular HL 320

Para estudiar distintas combinaciones de fuentes de calor clásicas y regenerativas, así como de depósitos y consumidores, se ha desarrollado el concepto del sistema modular HL 320.

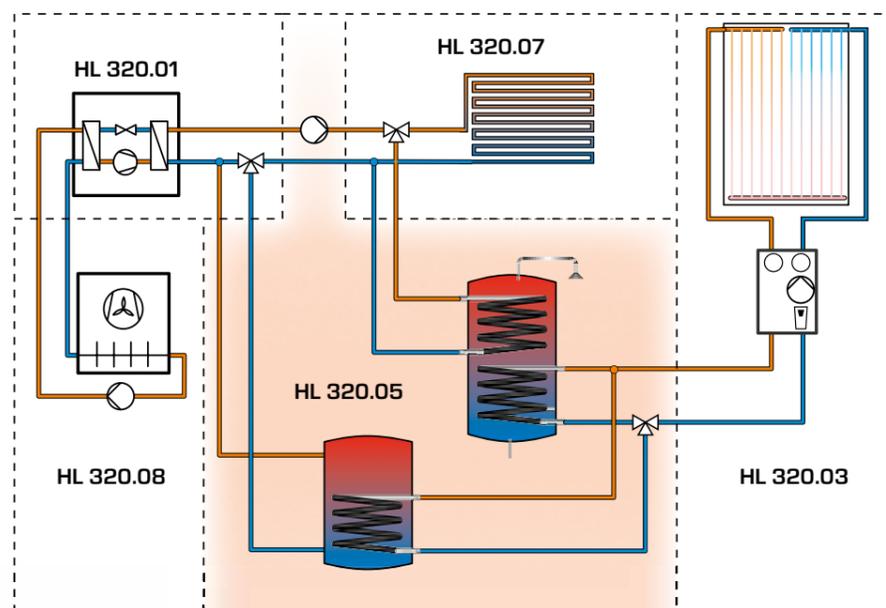
Se utilizan componentes típicos de la industria de la práctica de la ingeniería de calefacción moderna.

El sistema modular forma parte del concepto general didáctico de 2E en el área de las energías renovables.

Examine con el HL 320 distintas configuraciones de la energía térmica solar y bomba de calor.

Sistema con bomba de calor y colector plano

El esquema de proceso para un sistema típico con bomba de calor y colector plano se muestra en la ilustración siguiente:



En esta configuración, la calefacción soplante HL 320.08 se utiliza como fuente de calor para la bomba de calor HL 320.01. El módulo HL 320.07 está conectado como disipador de calor (calefacción de suelo).

El módulo de acumulación **HL 320.05**

El equipo básico con acumulador intermedio y depósito bivalente

Un módulo central para todos los ensayos previstos es el módulo de acumulación HL320.05. Dispone de un acumulador intermedio y un depósito bivalente. Otros componentes de este módulo son:

1. un regulador programable
2. válvulas de sobrepresión y desaireación
3. sensor de presión
4. una bomba
5. sensores de temperatura en tuberías, cambiadores de calor y distintas posiciones del espacio interior de los depósitos de acumulación
6. una válvula de tres vías con accionamiento

Tanto las conexiones a los componentes individuales como también al depósito poseen sus tuberías de alimentación y válvulas de cierre propias para reducir el esfuerzo al realizar cambios en el sistema de tuberías.

La bomba y la válvula de tres vías pueden controlarse a través de salidas parametrizadas correspondientemente del regulador.



Aquí encontrará detalles adicionales y datos técnicos.

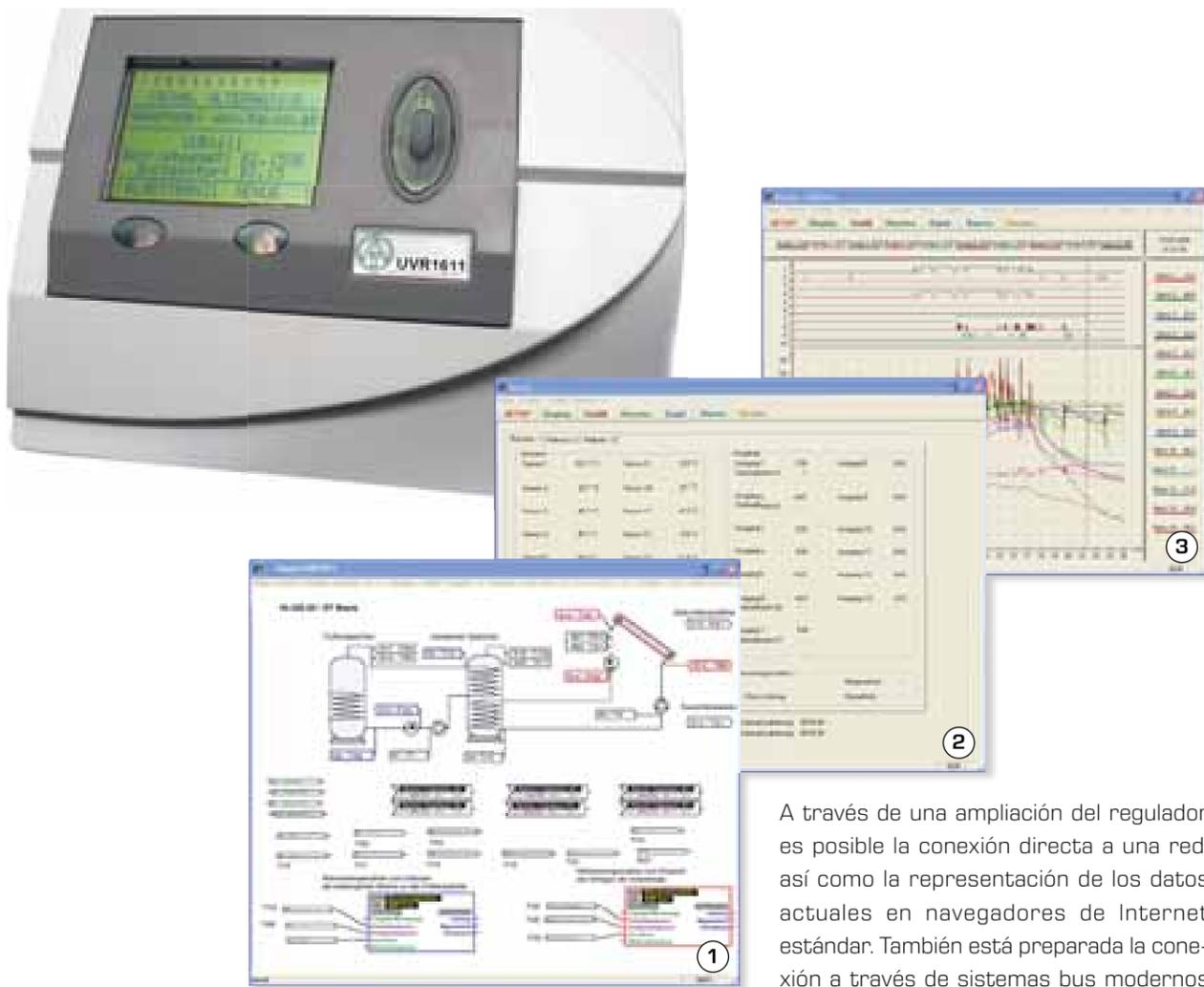
HL 320.05 Regulador Universal Programable con Registrador de Datos y Software Completo

El módulo de acumulación HL 320.05 está equipado con un regulador libremente programable. Para preparar un ensayo se conectan las líneas de medición y control necesarias de los módulos HL 320 implicados según el manual de instrucciones a las entradas y salidas del regulador.

Para la configuración adecuada del regulador pueden activarse los archivos de configuración preparados de la memoria interna del regulador. Existen archivos de configuración con documentación detallada para ensayos de introducción y avanzados. En la memoria del regulador pueden guardarse también configuraciones nuevas o modificaciones.

Mucho más claro que la edición de ajustes a través de los elementos de manejo del regulador es el uso del software de configuración de PC Tapps. Tapps ofrece un acceso total a funciones del regulador predefinidas y definidas por el usuario. Como se muestra en la siguiente ilustración, el programa ofrece además la posibilidad de guardar gráficos del esquema de la instalación actual en el archivo de configuración correspondiente (1).

El regulador contiene también un registrador de datos para poder visualizar todos los valores de medición relevantes y transmitirlos al ordenador para la posterior evaluación. También para el registro de datos, transferencia (2) y representación (3) disponemos de un paquete de software completo (incl. función de exportación para el formato Excel de Microsoft).

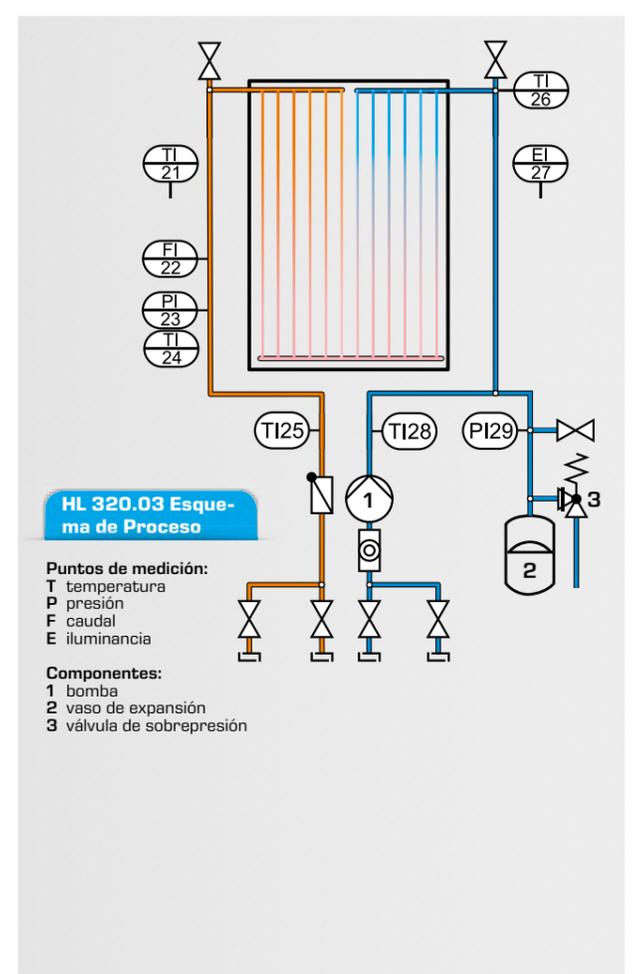


A través de una ampliación del regulador es posible la conexión directa a una red, así como la representación de los datos actuales en navegadores de Internet estándar. También está preparada la conexión a través de sistemas bus modernos de la ingeniería de calefacción.



El colector plano HL 320.03

El colector plano HL 320.03 está previsto como un elemento para el sistema modular HL 320. Este módulo contiene una estación del circuito solar con una bomba regulable. Un vaso de expansión de membrana (MAG) equilibra las fluctuaciones de presión en el circuito solar. Los distintos sensores de temperatura así como rotámetros permiten el registro de los flujos térmicos solares. Las líneas de medición y control permiten la conexión al regulador central en el módulo de acumulación HL 320.05.



HL 320 configuraciones

HL 320 Sistema Modular de Energía Térmica Solar y Bomba de Calor

	Configuraciones				
	ST base	ST max	HP base	ST HP	ST HP max
HL 320.01 Bomba de calor			X	X	X
HL 320.02 Calefacción Convencional		X			X
HL 320.03 Colector plano	X	X		X	X
HL 320.04 Colector Tubular de Vacío	(X)	(X)		(X)	(X)
HL 320.05 Módulo de Acumulación Central con Regulador	X	X		X	X
HL 320.07 Calefacción de Suelo/Absorbedor Geotérmico		X	X	X	X
HL 320.08 Cambiador de Calor de Aire /Calefacción Soplante			X	X	X

Dependiendo del objetivo didáctico pueden conectarse los módulos en distintas configuraciones. La pieza central es el módulo de acumulación central con el regulador universal programable.

El colector tubular de vacío HL 320.04 puede utilizarse en lugar del colector plano HL 320.03. A través de series de medición comparadas en distintas construcciones de ensayo pueden determinarse conceptos de instalación especialmente eficientes.



Objetivos didácticos /ejercicios

- Instalaciones de calefacción modernas en base a fuentes de energía renovables
- Puesta en funcionamiento de instalaciones de calefacción con energía térmica solar y bombas de calor
- Condiciones de funcionamiento eléctricas, hidráulicas y de control de procesos
- Propiedades de distintos depósitos de calor
- Factores de la eficiencia y potencia de colectores térmicos solares
- Factores de la eficiencia y potencia de bombas de calor
- Balances energéticos de distintas configuraciones de la instalación
- Necesidades particulares del calentamiento de agua sanitaria y calefacción
- Estrategias de regulación para distintos modos de funcionamiento

Planificación para su laboratorio de energía solar

Combinaciones prácticas de equipos 2E

La elección de equipos de ensayo 2E de energía solar depende claramente también de factores individuales en el lugar de emplazamiento. Como ayuda queremos ofrecerle un esquema de la combinación práctica de varios equipos de ensayo:

Ensayos de energía solar fotovoltaica 2E								
Etapas	Variante de laboratorio A				Variante de laboratorio B			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
	Paso a paso hacia el laboratorio completo →				Paso a paso hacia el laboratorio completo →			
ET 250	+				+			
HL 313.01		+				+		
ET 252			+				+	
ET 250.01				+				
ET 250.02				+				
ET 255								+

Ensayos de energía térmica solar 2E												
Etapas	Variante de laboratorio A					Variante de laboratorio B						
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	VI	VII
	Paso a paso hacia el laboratorio completo →					Paso a paso hacia el laboratorio completo →						
HL 313	+											
HL 313.01		+					+					
ET 202			+								+	
WL 377				+								+
HL 320 ST base*						+						
HL 320 ST max*							+					
HL 320 HP base*								+				
HL 320 ST HP*									+			
HL 320 ST HP max*										+		

* (v. tabla pág.19)

Para las áreas de la energía solar fotovoltaica y la energía térmica solar existen dos variantes de laboratorio (A, B). Para cada variante de laboratorio existen distintos equipos de entrada (etapa I). Como se muestra en las tablas, se ofrece una serie de equipos de ensayo complementarios hasta la correspondiente etapa final.

De este modo, tiene la posibilidad de realizar la configuración de equipos deseada también gradualmente. A través de las combinaciones mostradas, con cada etapa se garantiza una ampliación práctica de los ensayos en el currículum 2E de energía solar.



Engineering for a more sustainable society
www.gunt2e.de



Pie de imprenta

Editor:
G.U.N.T. Gerätebau GmbH
Hanskampring 15 - 17
D-22885 Barsbüttel
Telefon: +49 40 / 670 854 - 0
Internet: www.gunt2e.de

Gerente:
Rudolf Heckmann

Equipo de expertos:
Dr. K. Boedecker

Redactor jefe:
Rudolf Heckmann

Diseño:
Profi-Satz

La reutilización, el almacenamiento, la reproducción y la reimpresión del contenido –ya sea total o parcial– sólo están permitidos con la autorización escrita por parte de G.U.N.T. Gerätebau GmbH. No se asume ninguna responsabilidad por texto y material ilustrativo enviados sin haber sido solicitados.

08.2013