

Studiengang Sustainable Energy Competence (SENCE)

Studienarbeit 2

„Inbetriebnahme einer DEC-Laboranlage in den Regelbetrieb an der HFT Stuttgart“

- Vorgelegt von: Verena Weiler
und
Martin Heilemann
1. Betreuung: Prof. Dr. habil. Ursula Eicker
2. Betreuung: Dr. Dirk Pietruschka
3. Betreuung: M.Sc. Reiner Braun



Inhaltsverzeichnis

Einführung	3
DEC-Anlage	4
Projektstruktur	6
Simulation.....	8

Einführung

Weltweit steigt der Bedarf an Kühlenergie im Bereich der Gebäude. Grund dafür ist sowohl der gestiegene Komfortanspruch, als auch die Zunahme von internen Lasten durch Computer und sonstige technische Ausrüstung, sowie die erhöhten Anteile transparenter Bauteile in der Gebäudehülle.

Der Bedarf an Kälte zur Klimatisierung fällt vorwiegend im Sommer und hauptsächlich tagsüber an, also zu Zeiten, in denen meist eine hohe Sonneneinstrahlung vorliegt. Daher bietet sich die Nutzung von solarer Energie zur Kälteerzeugung an.

An der HFT in Stuttgart wird seit Jahren im Rahmen des Instituts für angewandte Forschung zafh.net im Bereich der nachhaltigen Energietechnik geforscht. Vor allem der Bereich der solaren Technologien ist ein wichtiger Bestandteil der Arbeit und verschiedene Test- und Laboranlagen waren und sind noch in Betrieb. Eine dieser Anlagen ist eine solare sorptionsgestützte Klimatisierungsanlage (engl. DEC - Dessicative and Evaporative Cooling). Sie ist seit einigen Jahren nicht mehr in Betrieb und soll nun in den Regelbetrieb der Hochschule eingegliedert werden.

Ein Projekt an der Hochschule ist Campus UM (Umweltministerium). Dieses Projekt beschäftigt sich mit der Umsetzung von Maßnahmen zur energetischen Sanierung und Performance Optimierung. Hierbei spielen auch innovative Lösungen und Forschungsprojekte eine Rolle. Dazu gehört auch die stillgelegte DEC-Testanlage. Die Anlage ist aktuell an einen Raum angeschlossen, für dessen Kühlung ihre Leistung nicht ausreicht. Sie soll nun wieder in Betrieb genommen und dabei an zwei Räume unterhalb der Anlage angebunden werden, um dort in den Sommermonaten eine effektive Klimatisierung zu gewährleisten.

Für diese und weitere Aufgaben im Rahmen des Campus UM Projekts wurde ein Ingenieurbüro für die Ausführungsplanung beauftragt. Da der Zustand der DEC-Laboranlage und der zugehörige Arbeitsaufwand allerdings sehr unklar ist, soll die Arbeit des Ingenieurbüros durch die vorliegende Arbeit unterstützt werden.

DEC-Anlage

Im Vergleich zu klassischen Lüftungsanlagen wird bei der sorptionsgestützten Klimatisierung die Zuluft nicht über ein elektrisches System gekühlt und entfeuchtet, sondern über einen Sorptionsprozess und Verdunstungskühlung konditioniert.

Die Temperaturanforderungen sind für diese Art der Anlagen relativ gering und liegen etwa zwischen 50 und 90 °C. Daher bietet sich die Kombination mit einer Solaranlage (sowohl Luftkollektoren als auch Vakuumröhrenkollektoren oder Flachkollektoren) an.

Die Entfeuchtung der Luft wird entweder durch die Adsorption des Luft-Wasserstoffes an einem Festkörper (üblicherweise Silikagel oder Zeolith) oder durch Absorption in einer Salzlösung durchgeführt. Bei beiden Prozessen (Adsorption und Absorption) wird Energie in Form von Wärme frei, die die Zuluft zusätzlich erwärmt.

Die Adsorption erfolgt üblicherweise über ein Sorptionsrad. Das Ziel ist es, die Außenluft zu entfeuchten, was durch Adsorption des Luft-Wasserstoffs durch einen Festkörper geschieht.

Das Verfahren der offenen sorptionsgestützten Klimatisierung mit Adsorption wird in der folgenden Abbildung 1 anhand typischer Bedingungen von 32 °C Außentemperatur und 40% relativer Luftfeuchtigkeit erläutert.

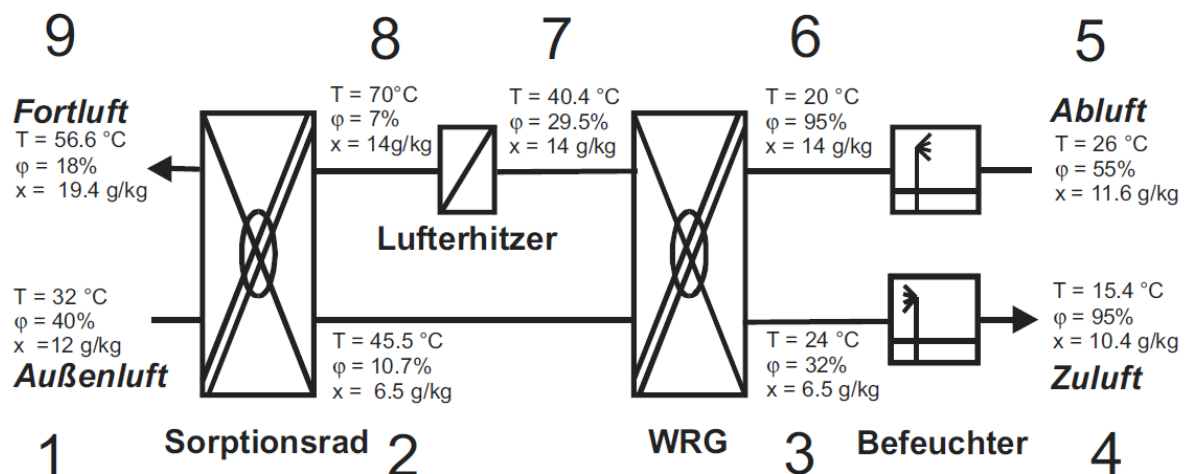


Abbildung 1: Sorptionsgestützte Klimatisierung bei 32°C und 40% rel. Luftfeuchtigkeit

Die Außenluft (1) wird zunächst im Sorptionsrad getrocknet, dabei erwärmt sie sich leicht. Im anschließenden Wärmerückgewinner gibt die Luft diese Wärme an die kühlere und feuchtere Abluft aus dem Raum ab und wird so selbst gekühlt. Danach wird die Luft mit Hilfe eines Befeuchters auf die gewünschte Temperatur und Feuchte gebracht. In diesem Zustand geht die Luft als Zuluft (4) in den Raum.

Parallel dazu wird die Abluft (5) aus dem Raum befeuchtet und gekühlt, um die Wärme der Zuluft aufnehmen zu können (s.o.). Die bereits vorgewärmte Luft wird nun zusätzlich erhitzt, hier können solare Luftkollektoren zum Einsatz kommen. Dieses höhere Temperaturniveau ist nötig, um das Sorptionsrad zu regenerieren. Das bedeutet, dass die Luft das adsorbierte Wasser aus dem Regenerationsrad löst und aufnimmt. Die warme und feuchte Luft wird als Fortluft (9) nach außen abgegeben.

Über Luft-Wasser Wärmetauscher kann die Luft zusätzlich, je nach Anforderungen an die Zuluft, erwärmt bzw. gekühlt werden. Dieses Warm- bzw. Kaltwasser kann über Vakuumröhrenkollektoren

oder Flachkollektoren solar bereitgestellt werden. Die zusätzliche Kühlung ist vor allem in sehr warmen und feuchten Klimazonen von Bedeutung; die zusätzliche Beheizung ermöglicht die Nutzung der Lüftungsanlage auch im Winter.

Da die Anlage an der HFT Stuttgart eine Labor- und Forschungsanlage ist, beinhaltet sie viele Komponenten, die in einer Standardanlage nicht vorhanden sind. Dies erkennt man am besten, wenn man die DEC-Anlage der HFT in Abbildung 2 mit dem in Abbildung 1 dargestellten Regelaufbau einer DEC-Anlage vergleicht.

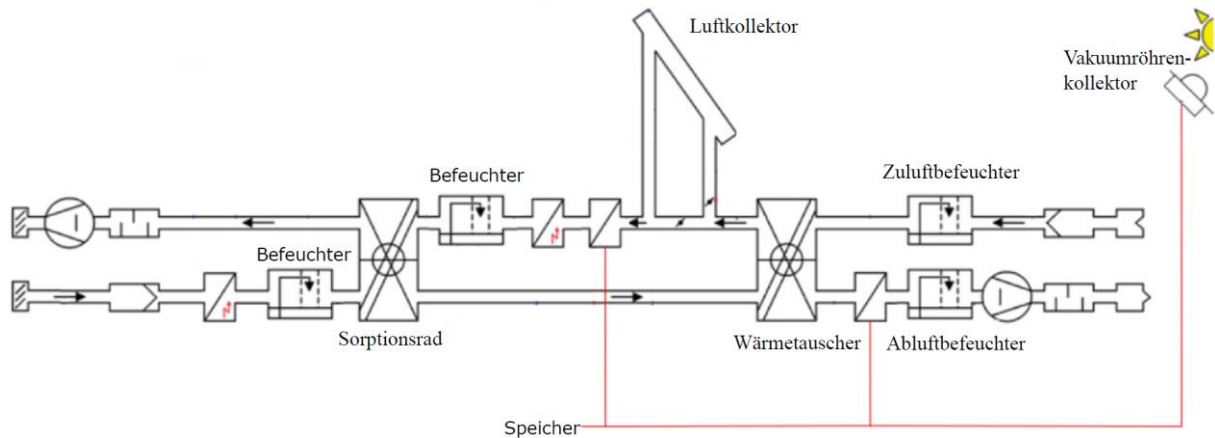


Abbildung 2: DEC-Anlage an der HFT Stuttgart

Projektstruktur

An einer Baumaßnahme im Hochschulbereich sind immer mehrere Akteure beteiligt, die verschiedene Verantwortungen, Zuständigkeiten und Kompetenzen haben.

Beim Projekt der Wiederinbetriebnahme der DEC-Anlage an der HFT Stuttgart gibt es einige Besonderheiten, durch die sich das Projekt von anderen Projekten unterscheidet.

In Abbildung 3 werden zunächst die Beziehungen der am Projekt Beteiligten zueinander aufgezeigt.

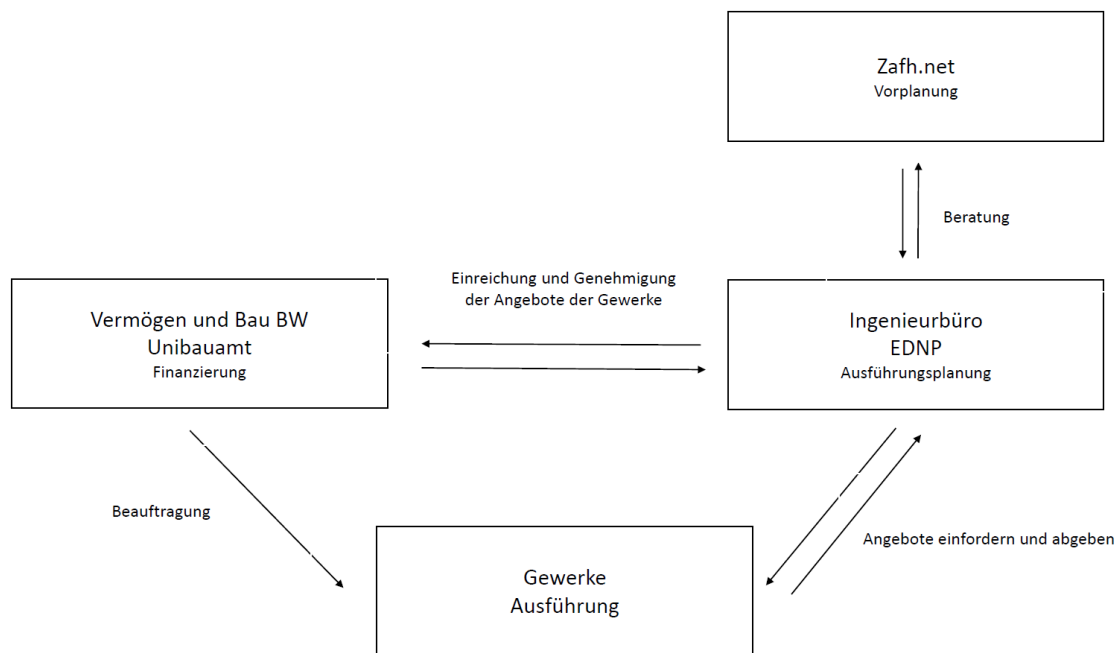


Abbildung 3: Projektstruktur der Inbetriebnahme der DEC-Anlage

Das zafh.net hat die Vorplanung zum Campus UM Projekt gemacht, von dem die Einbindung der DEC-Anlage ein Teil ist. Anschließend wurde die Ausführungsplanung eines Teils des Campus UM im Rahmen einer Ausschreibung durch das Universitätsbauamt Stuttgart und Hohenheim an das Ingenieurbüro EDNP vergeben.

Im speziellen Fall der DEC-Anlage erbat sich das Ingenieurbüro Hilfe durch das zafh.net, da der Zustand der Anlage und der Aufwand für ihre Wiederinbetriebnahme nur schwer vorauszusehen waren. Da die Anlage im Rahmen von mehreren Projekten und Dissertationen am zafh.net aufgestellt, erweitert und betrieben wurde, sind hier auch die entsprechenden Ansprechpartner zu finden.

Gleichzeitig soll das zafh.net als Berater und Impulsgeber für Innovationen dem Ingenieurbüro zur Seite stehen. Da das zafh.net bzw. die Hochschule später Betreiber der Anlagen ist, werden die zuständigen Personen von Anfang an in den Planungs- und Ausführungsprozess eingebunden.

Die Beauftragung sowie die Bezahlung der auszuführenden Leistungen erfolgen durch das Universitätsbauamt Stuttgart und Hohenheim.

Damit die Anlage im besten Fall zur nächsten Kühlperiode im Sommersemester 2016 einsatzbereit ist, sind noch weitere Schritte nötig. Die bereits beauftragten Leistungen müssen durchgeführt werden, die eingeholten Angebote geprüft und ggf. beauftragt werden. Ein abschließender Testlauf der Anlage wird zeigen, ob alle Komponenten ordnungsgemäß funktionieren und die Anlage in den Regelbetrieb aufgenommen werden kann. Anschließend erfolgt die bauliche Anbindung der Anlage über die

Leitungen an die Räume. Ein weiterer Schritt ist die Aufschaltung der Anlage an die GLT der Hochschule, um eine zentrale Überwachung und Steuerung zu ermöglichen.

Durch die Beteiligung von mehreren Akteuren ergibt sich ein erhöhter Aufwand, wodurch sich Abläufe verzögern können. So kann es passieren, dass nicht alle Beteiligten zeitnah über einen Fortschritt informiert werden und sich so Wartezeiten ergeben. Teilweise sind auch relevante Informationen etwa zu Fenster-Typen und Art der Wärmeisolierung in den Wänden und Decken nicht vorhanden, was die Planung erschwert.

Simulation

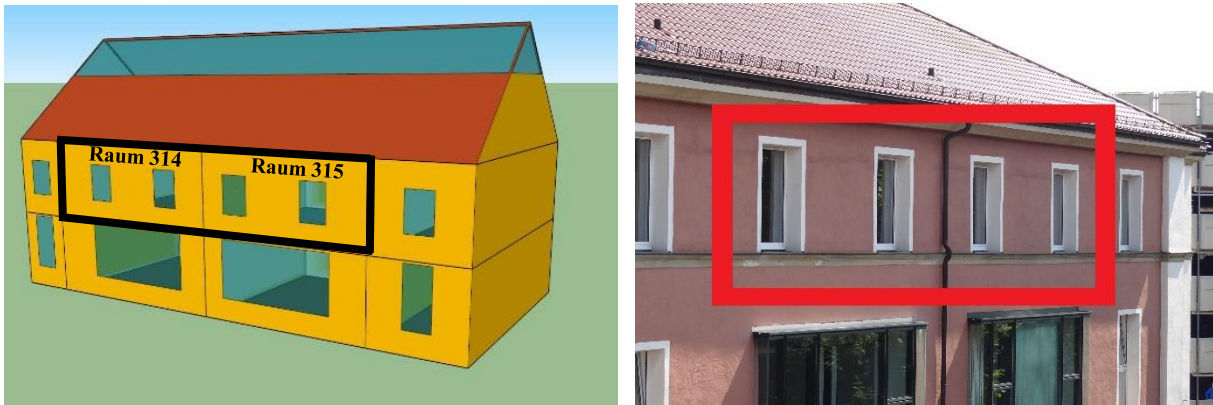


Abbildung 4: Anzubindende Räume (links: SketchUp-Modell, rechts: Außenansicht)

Um die Räume grafisch abzubilden, wurde zunächst ein 3D-Modell in SketchUp erstellt. Anschließend wird das 3D-Modell aus SketchUp in TRNSYS eingelesen. TRNSYS ist ein Simulationsprogramm, mit dem Gebäude und Anlagen simuliert werden können. Mithilfe eines speziellen TRNSYS Plug-ins können z.B. Wände als Innen- oder Außenwände definiert werden. Des Weiteren lassen sich verschiedene Zonen innerhalb eines Gebäudes (etwa für jeden Raum eine eigene Zone) abbilden. Dies ist nötig um ihnen anschließend in TRNSYS Eigenschaften zu Geometrie und Beschaffenheit (z.B. U-Wert) zuordnen zu können. Außerdem werden aneinander angrenzende Wände definiert, so können Wechselwirkungen zwischen benachbarten Räumen in die Simulation einfließen.

Mit Hilfe der TRNSYS Simulation sollte herausgefunden werden, in wie weit die Leistung der DEC-Anlage von 10 kW für diese Räume ausreicht. Dabei wurden interne Gewinne durch Personen und Beleuchtung sowie die externen Gewinne durch solare Einstrahlung und Außentemperatur berücksichtigt. Es wurden verschiedene Varianten zur Nutzung (Betriebszeiten, Kombination mit erhöhter Nachtlüftung) der DEC-Anlage in den zwei Räumen verglichen. Die maximale Raumtemperatur wurde auf 26 °C festgelegt, um Komfort in den Räumen gewährleisten zu können.

In der ersten Simulation des Standardfalls der Kühlung wurde davon ausgegangen, dass die DEC-Anlage durchgehend von Montag bis Sonntag und 24 Stunden täglich aktiv ist (siehe Abbildung 5). Es wurden noch weitere Simulationen mit verschiedenen Rahmenbedingungen (Dauer von Klimatisierung und Lüftung) durchgeführt, es wird im Folgenden aber nur auf eine der Simulationen genauer eingegangen.

Es wurden ausschließlich die Temperaturen der anzubindenden Räume 314 und 315 aufgezeigt, und zwar sowohl die Raumtemperatur ohne Kühlung, als auch die Temperatur mit den aktuell festgesetzten Rahmenbedingungen. Zusätzlich ist die Außentemperatur (rot) dargestellt. Außerdem kann an der Sekundärachse rechts die benötigte Leistung der DEC-Anlage abgelesen werden.

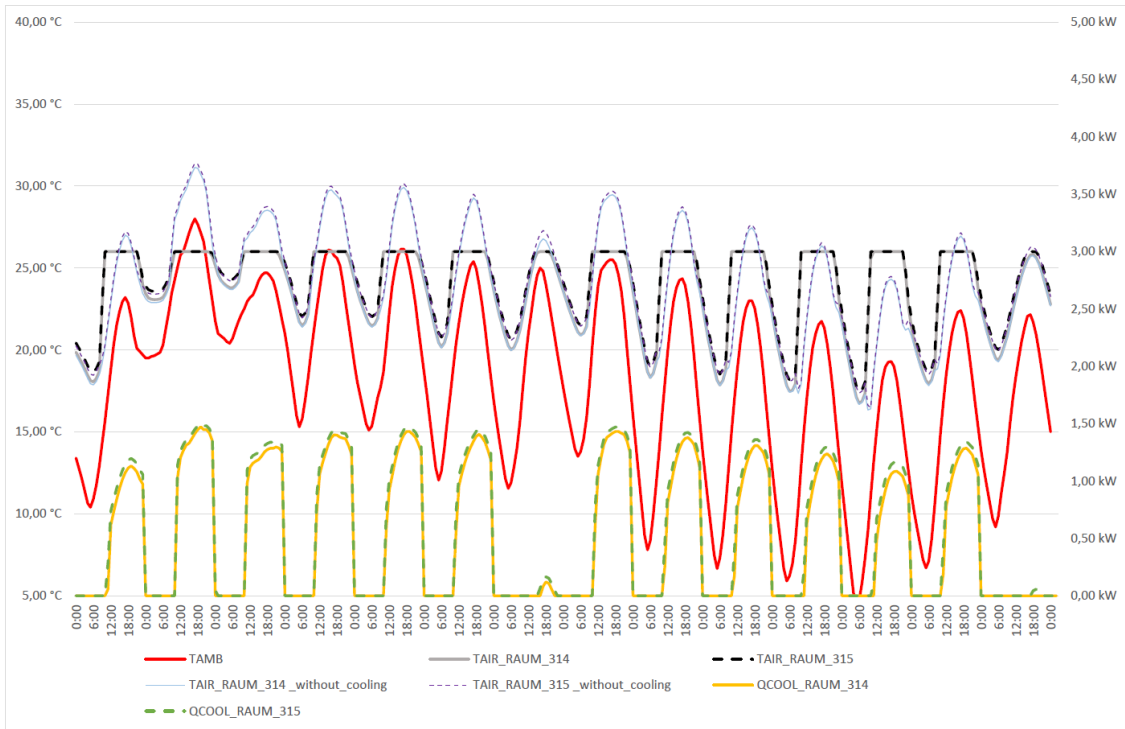


Abbildung 5: Simulation mit kontinuierlichem Kühlen

Man erkennt, dass die von der Anlage benötigte Leistung zur Kühlung der Räume nie größer als 1,5 kW pro Raum ist. Selbst an Tagen, an denen die Außentemperatur besonders hoch ist und auch über Nacht nicht deutlich abkühlt, wird die Raumtemperatur von maximal 26 °C problemlos gehalten. Dies zeigt, dass die DEC-Anlage für die Kühlanforderungen beider Räume mehr als ausreichend ist. Da nur weniger als die Hälfte der insgesamt 10 kW der Anlage in Anspruch genommen werden (siehe Tabelle 1), besteht die Möglichkeit, zwei weitere Räume mit ähnlicher Größe, Ausrichtung und internen Gewinnen an die DEC-Anlage anzuschließen.

Tabelle 1: Leistungsdaten Simulation

Simulationsszenario	Max. abgerufene Leistung [kW]	Freie Leistungskapazität [kW]	Freie Leistungskapazität [%]	Komfort (max. 26 °C)
Kontinuierliches Kühlen	3,8	6,2	62	eingehalten

Die bisherigen Simulationsergebnisse basieren auf einer einfachen temperaturbezogenen Regelung (26 °C maximale Raumtemperatur). Im nächsten Schritt soll eine Regelungsstrategie entwickelt werden, bei der zusätzlich zur Raumtemperatur auch Parameter wie Außentemperatur, Luftwechsel und wechselnde Personenanzahl berücksichtigt werden.

In der folgenden Abbildung 6 wird für drei Tage aus den bereits in den vorigen Simulationen dargestellten zwei Wochen (Montag bis Mittwoch) ein Vergleich dieser beiden Verläufe gemacht. Die Dauer von solarer Einstrahlung und benötigter Leistung im Tagesverlauf ist fast gleich, die Kurven sind allerdings etwas versetzt: Das Maximum der benötigten Kühlleistung ist etwas später am Tag als das Maximum der solaren Einstrahlung. Dieser Versatz kann durch Pufferspeicher ausgeglichen werden, so dass die benötigte Leistung auch am Nachmittag durch die DEC-Anlage bereitgestellt werden kann.

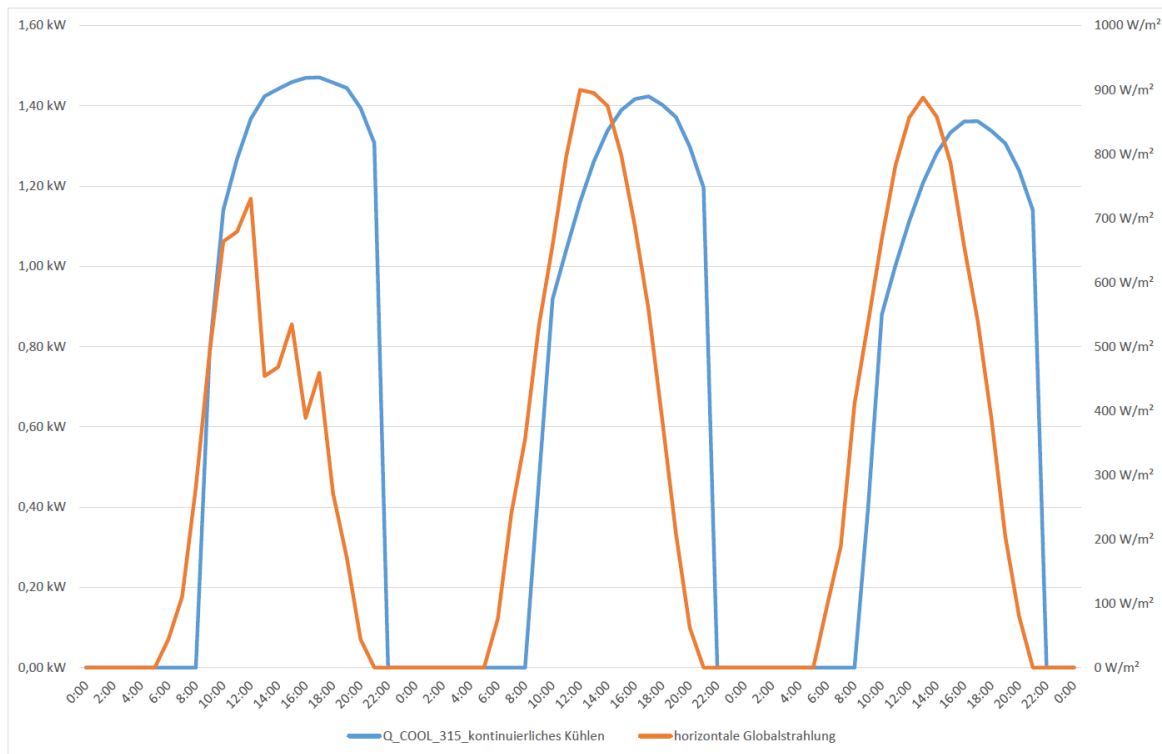


Abbildung 6: Tagesverläufe von solarer Einstrahlung und Leistung

Am ersten der drei Tage sieht man, dass der Verlauf der Solarstrahlung nicht immer den regelmäßigen Verlauf der beiden anderen Tage hat. Dies kommt etwa durch stärkere Bewölkung zu Stande. Auch hier wird der Betrieb mit Hilfe des Pufferspeichers sichergestellt.

In der folgenden Abbildung 7 wird die benötigte Kühlleistung der einzelnen Monate der solaren Einstrahlung gegenüber gestellt. Diese Grafik greift die ebenfalls in der Einführung gemachte Aussage auf, dass der Bedarf an Kühlleistung und die solare Einstrahlung einen ähnlichen Jahresverlauf haben. Die benötigte Kühlleistung ist in der Darstellung zweigeteilt. Da sie von der Anzahl der anwesenden Personen abhängt, ist es relevant, dass an einer Hochschule in den Sommermonaten nur ein sehr eingeschränkter Betrieb herrscht. Daher wurde einmal mit einer durchgängig konstanten Belegung auch in den Sommermonaten simuliert (grau) und einmal mit der Annahme, dass von Mitte Juli bis Ende September keine Studenten anwesend sind (blau).

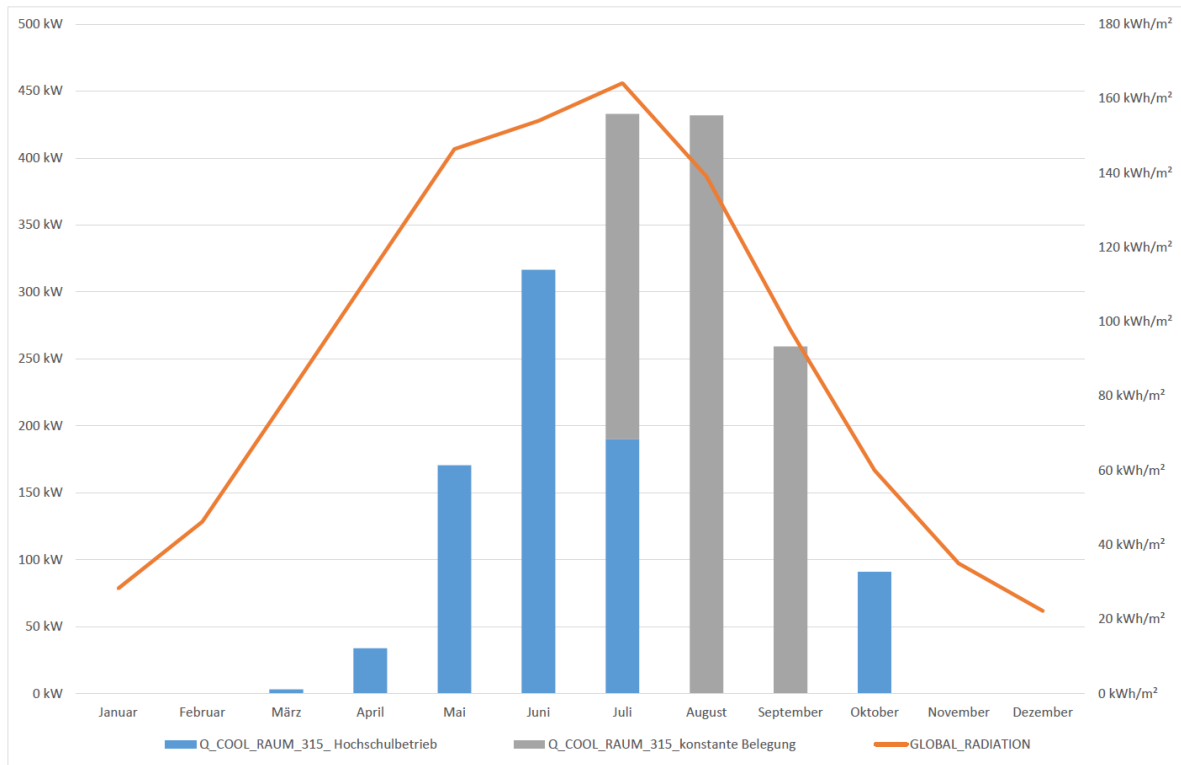


Abbildung 7: Jahresverläufe von solarer Einstrahlung und Leistung

Man erkennt, dass die Last im Juli deutlich reduziert und im August und September nicht mehr vorhanden ist. Erst im Oktober, wenn das neue Semester beginnt, wird die Anlage zur Klimatisierung erneut benötigt.