



Der
Energiedetektiv®

deckt auf!

Ermittlungsakte
Energiewende



Neben-
wirkungen
auf
Klima und
Umwelt

www.energiedetektiv.com

Der Energiedetektiv deckt auf

Jürgen A. Weigl

Energiewende

Nebenwirkungen auf Klima und Umwelt



Eine Studie erstellt vom Ingenieurbüro DI Jürgen A. Weigl
Senior-Consultant des „Der Energiedetektiv“ Franchise-Systems

2018

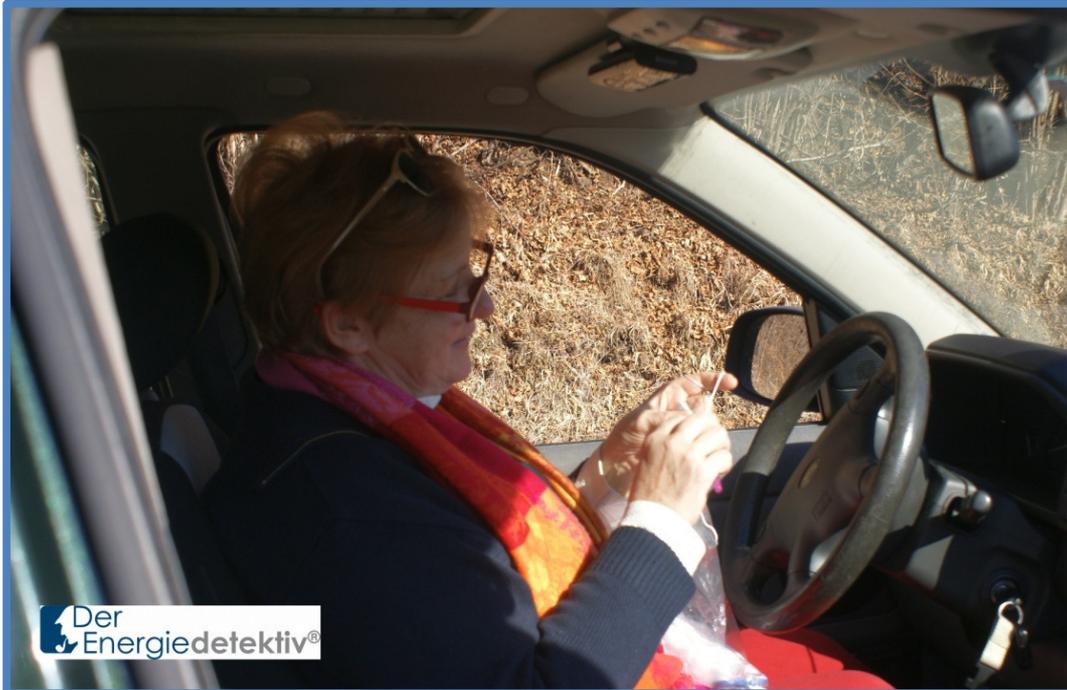
Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Sämtliche Rechte, insbesondere die Rechte der Verbreitung, der Vervielfältigung, der Übersetzung, der Verfilmung, des Nachdrucks und der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Weg, durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere elektronische Verfahren sowie der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung dem Urheber vorbehalten. Weder dieses Werk noch Teile davon dürfen ohne vorherige schriftliche Zustimmung des Autors in welcher Form auch immer, zum Beispiel unter Anwendung elektronischer Systeme reproduziert, gespeichert, vervielfältigt, verarbeitet oder sonst verwendet werden.

© Copyright 2018 Jürgen A. Weigl, Graz, Österreich

Die vorliegende Studie wurde vom Autor mit sorgfältiger Bearbeitung erstellt. Dennoch sind Fehler nie ganz auszuschließen. Der Autor weist darauf hin, dass mit dieser Studie im wissenschaftlichen Sinne neues Wissen geschaffen und ein Diskussionsprozess über die hier vorgestellten Fragestellungen angeregt werden soll. Wissen schaffen bedingt die Methode der Falsifikation. Der Leser ist daher dazu aufgerufen, kritisch unsere Thesen zu prüfen und zu hinterfragen. Jeder Leser muss sich daher eigenverantwortlich und selbständig ein Bild von den vorgestellten Themen machen.

Der Autor weist darauf hin, dass sämtliche in dieser Studie gemachten Aussagen ohne Gewähr erfolgen und Haftungsansprüche jeglicher Art ausgeschlossen sind. Für die Mitteilung etwaiger Fehler oder von Verbesserungsvorschlägen und zusätzlichen Hinweisen ist der Autor dankbar; dies inkludiert jedoch keinerlei Verpflichtung zur Korrespondenz.

Für Friederike



*in Liebe
und Dankbarkeit
für die vielfältige Unterstützung
bei der Arbeit an diesem Projekt*

A.M.D.G.

**Zur leichteren Handbarkeit wurde
die Studie für den Download
in mehrere Teile aufgeteilt**

Download - TEIL 2

**Bitte beachten Sie auch die
anderen Teile, denn diese enthalten ggf.
wichtige Hinweise und Zusatzinformationen
die auch für den hier vorliegenden
Abschnitt relevant sein können**

www.energiesdetektiv.com

Beobachtungen am Tatort Solaranlagen

- 8 Nebenwirkungen im Klimaschutz - Solarenergie
- 8.1 Solarenergie – Energie der Zukunft?
- 8.2 Feldarbeit – Wissen schaffen durch Beobachtungen
- 8.3 Beobachtungen an real existierenden Solaranlagen
- 8.3.1 Unterschiedliche Nutzungsmodelle von Solarenergie
- 8.3.2 Schattenseiten der Solarenergie
- 8.3.3 Klimatische Änderungen im Bereich von thermischen Solaranlagen
- 8.3.4 Vegetation, Schatten und der Kampf ums Licht
- 8.4 Der Kampf ums Licht – ein Kampf ums Leben!
- 8.5 Wie die „Kleinen“ leiden: die im Dunklen sieht man nicht
- 8.6 Wissen schaffen durch beobachten und messen
- 8.7 Solare Zwischenbilanz
- 8.8 Hunger und Tod entstehen, wenn ein anderer alles haben will
- 8.9 Gefährdetes Leben
- 8.10 Droht eine solare Massenvernichtung?
- 8.11 Umweltbewusstsein, Klimaschutz und Selbstgerechtigkeit
- 8.12 Klimaschutz oder Klimakatastrophe durch Solarenergie?
- 8.12.1 Ausgleichende Funktion der Nahrungskette
- 8.12.2 Geringere Kühlfunktion und Wasserhaushalt
- 8.12.3 Verstärkung der Wärmestrahlung
- 8.12.4 Wärmestrahlung, Treibhauseffekt und Treibhausgase
- 8.12.5 Absorption und die Höhe der Strahlungsleistung
- 8.12.6 Absorptionsrate bestimmt den Treibhauseffekt
- 8.12.7 Plausibilitätsprüfung – Treibhauseffekt mit Solaranlage
- 8.12.8 Welche Temperaturen erreichen Photovoltaikanlagen?
- 8.12.9 Experimentelle Prüfung am Modell
- 8.12.10 Experimente schaffen Wissen
- 8.13 Die vergessenen Solaranlagen
- 8.14 Klimawandel durch die Solaranlage Straßenbau?
- 8.15 Wenn Millionstel eine Rolle spielen
- 8.16 Klimarelevante Faktoren – Straßenbau oder CO₂?
- 8.17 Selektive Wahrnehmung beim Treibhauseffekt – Absorption und Emission
- 8.18 Wie man CO₂ optimiert den Treibhauseffekt befeuert
- 8.19 Zusammenfassung – Nebenwirkungen von Solaranlagen im Klimaschutz
- 8.19.1 Ein erster Überblick der identifizierten Nebenwirkungen
- 8.19.2 Klimaschaden oder Klimaschutz durch Solaranlagen?
- 8.19.3. Ökonomische Grundgesetze sind angewandte Physik!

Beobachtungen am Tatort Solaranlagen

8 Nebenwirkungen im Klimaschutz - Solarenergie

8.1. Solarenergie – Energie der Zukunft?

Die Nutzung „erneuerbarer Energien“ ist unsere Zukunft! So tönt es aus allen Lautsprechern. Nur mit „erneuerbaren Energien“ können wir den Klimawandel stoppen. So hört man, so liest man. Das ist die Grundlage der viel gepriesenen Energiewende. Solarenergie soll uns in Zukunft vor der Klimakatastrophe schützen.

Die Wiederentdeckung der Solarenergie hängt eng zusammen mit den Protestbewegungen der Nachkriegsjugend. Diese Entwicklung ist eine Spätfolge des zweiten Weltkriegs. Es bildete sich in Folge des Wiederaufbaus und des Wirtschaftswunders eine Protestkultur. Die Hippies wurden Blumenkinder genannt und stellten in den 60er Jahren die Wohlstandsideale der Elterngeneration in Frage. Unter dem Schlagwort „Flower Power“ entstand eine Gegenkultur.



Bild 8-1 Solarsticker der Anti-Atomkraftbewegung mit lachender Sonne

Der weitere Weg einer rebellierenden Jugend war nicht immer friedlich. In der 68er-Generation wurden Widerstand und Revolution gepredigt. Dies führte u.a. zur Entwicklung der linksextremistischen RAF auf deren Konto zahlreiche Morde gehen. In den 70er Jahren erstarkten Protestbewegungen gegen den Bau von Kernkraftwerken. Eine lachende Sonne wurde dabei zum Symbol des Widerstands gegen die lebensbedrohliche Atomenergie. Tausendfach konnte man diese Aufkleber mit starker Symbolkraft in ganz Europa sehen.

Solarenergie wurde und wird seither als eine Art Allheilmittel vor den diversen apokalyptischen Szenarien zwischen Atomkatastrophe und Klimawandel gesehen. So findet man im Buch „Gute Geschäfte“ [8-1] beispielsweise folgende euphorische Aussage:

Erst eine „solare Weltwirtschaft“ kann ernsthaft damit beginnen, im großen Stil auf die unendlich vorhandenen und allen Menschen zur Verfügung stehenden solaren Energie-Träger umzusteigen und sich von den Fesseln der alten Energieknechtschaft zu befreien.

Die Technologien für den hundertprozentigen Umstieg auf Erneuerbare Energien sind bereits entwickelt – auch und gerade in Deutschland.- und weltweit zehntausendfach erprobt. Wir haben – wie die Bundeskanzlerin zu Recht sagt – keine Erkenntnisprobleme, wir haben aber im Land der Bedenkenträger große Umsetzungsprobleme....“

Der Autor dieser Studie muss gestehen, dass er auch lange Zeit ähnliche Argumente nicht hinterfragt hatte. Es stimmt schon: die solare Einstrahlung ist jene Energie die das Leben auf der Erde versorgt und ermöglicht. Über Jahrtausende hat der Mensch diese, vom Himmel auf ihn zukommende Energie genutzt. Auch in der Zukunft hängt letztlich alles Leben von der Solarenergie ab.

Fast könnte man meinen, mit der vermehrten Nutzung von Solarenergie sind alle unsere Sorgen beseitigt. Im erwähnten Buch „Gute Geschäfte“ [8-1] heißt es dann kurz danach:

Die Sonne stellt uns jeden Augenblick 10.000 bis 15.000 mal mehr Energie zur Verfügung, als alle Menschen verbrauchen....

...Mit dem Reichtum der Sonne können wir erstmals den Reichtum der Weltgesellschaft organisieren....

Der Energiedetektiv wird bei zu viel Euphorie irgendwann skeptisch. Da klingt dann für einen erfahrenen Ermittler doch sehr viel menschliche Selbstüberschätzung mit. Als Geschäftsmann ist der Autor außerdem sehr hellhörig, wenn jemand in solchem Überschwang erklärt, mit dem Reichtum eines anderen (hier der Sonne) den Reichtum einer ganzen Gesellschaft (hier gleich der ganzen Weltgesellschaft) organisieren zu wollen. Es könnte ja sein, dass dieser Reichtum schon reichen Segen bringt – auch ganz ohne unsere Organisatoren, die es besser machen wollen.

Zu oft schon haben wir die Ergebnisse sich selbst überschätzender wirtschaftlicher Organisationsversuche erlebt. Ein kleiner Konstruktionsfehler, eine einzige falsch angenommene Rechengröße können den schönsten Businessplan zerstören.

Zum Beispiel die Annahme Umsatz und Gewinn wären ident. Viele wirtschaftliche Versuche sind an so etwas Banalem schon gescheitert. Wirtschaftlicher und moralischer Bankrott, unbezahlbare Schulden und zerstörte Leben sind meist die Begleiterscheinungen solcher Fehleinschätzungen.

Jeder Mitarbeiter oder Partner bei „Der Energiedetektiv“ kennt den Energieerhaltungssatz. Energie kann man nicht gewinnen oder verbrauchen. Man kann die Energieflüsse nur ändern.

Als Unternehmer kennen wir aber auch wirtschaftliche Grundgesetze. Zum Beispiel die Tatsache, dass der Gewinn des einen immer der Verlust des anderen ist. Geld verschwindet bei Verlusten nicht einfach. Sondern das Geld hat dann nur ein anderer. Man könnte dies den Erhaltungssatz der Wirtschaft nennen. Der Volksmund kann es allerdings noch kürzer formulieren: von nix kommt nix!

Mit dem Reichtum anderer den eigenen Reichtum oder gar den der ganz Welt organisieren zu wollen, scheint eine löbliche Aufgabe. Aber was wird der dazu

sagen, dem dieser Reichtum jetzt zur Verfügung steht? Jemandem seinen Reichtum wegzunehmen, um damit andere oder gar sich selbst reich zu machen, nennt man Diebstahl. Vielleicht sollte man es politisch korrekter Umverteilung nennen. Tatsache ist jedoch, dass jede Art von Umverteilung zu negativen Konsequenzen führt. Der, der vorher der bisherige Nutznießer des Reichtums war, hat ihn nicht mehr. Stattdessen hat dann jemand anderer seinen Reichtum.

Mit diesen Grundgesetzen des Lebens im Hintergrund stellen sich einige Fragen. Diese werden ganz einfach durch solche Wünsche mit dem Reichtum anderer den Reichtum der Weltgesellschaft organisieren zu wollen provoziert. Es sind Fragen wie

- Wem gehört denn eigentlich die Sonne?
- Was passiert derzeit mit dem Reichtum der Sonne?
- Was passiert derzeit mit der umverteilten Sonnenenergie?
- Was passiert wirklich, wenn wir unseren gesamten Energieverbrauch aus der Sonne decken?

Das scheinen zuerst zwar nur rein theoretische Fragen zu sein, die man glaubt bequem am Schreibtisch analysieren zu können. Das lieben Organisatoren, Bürokraten oder Weltenretter über alles. Sie beziffern dann den unermesslichen Reichtum anderer und lassen damit anklingen, dass der andere ja mehr als genug hat. Das klingt dann eben so:

....die Sonne stellt uns jeden Augenblick 10.000 bis 15.000 mal mehr Energie zur Verfügung, als alle Menschen verbrauchen....

Was hier fehlt ist ganz einfach die Frage, wem stellt die Sonne derzeit diese hohe Energie zur Verfügung. Hätte man die Grundrechnungsarten gelernt, wüsste man zu addieren und zu subtrahieren. Mit anderen Worten, das was ich jemandem wegnehme. hat dieser nicht mehr. Aber ein anderer. Nur die Gesamtsumme bleibt dennoch gleich.

Die großsprecherische Absicht der Umverteilung fremder Energie schweigt gerne über jene, die bisher von dieser Arbeit gelebt haben. Tatsache ist, dass wir in einer Situation leben, in der nichts ungenutzt bleibt. Alle auf die Erde eintreffende

Sonnenenergie wird bereits genutzt. Sie ermöglicht das derzeitige Klima und sie ermöglicht das derzeitige Leben auf Erden. Kein Milliwatt davon bleibt ungenutzt, wenn man von der Reflexion absieht.

Wollen wir mehr nutzen, dann müssen wir die Absorptionsrate erhöhen. Eine Vorgehensweise die unmittelbar den Energieeintrag erhöht und somit einen Klimawandel bzw. Temperaturanstieg verursacht.

Wollen wir ohne zusätzliche Absorption mehr für menschliche Zwecke nutzen, dann müssen wir diese Energie den bisherigen Prozessen wegnehmen. Entweder wir entnehmen es aus der Nahrungskette der Biosphäre. Dann verhungern andere Lebewesen. Wollen wir es nicht der Nahrungskette bzw. dem Lebenskreislauf entnehmen, dann müssen wir es dem derzeitigen Klimaprozess entnehmen. Jeder Eingriff in das Klimageschehen, jede Umverteilung in den klimatisch relevanten Energieströmen ist damit aber ein Eingriff in das Gesamtsystem. Dies führt zwangsweise zu einem Klimawandel. Es gibt keine ungenutzte Energie, die gratis im solaren Energiefluss vorhanden wäre. Jeder Eingriff führt zu Folgewirkungen. Die Sonne schickt dabei zwar keine Rechnung. Die Rechnung aber ist dennoch zu begleichen. Sie ist von der Natur bzw. der Biosphäre und den klimatischen Randbedingungen zu begleichen.

Die verbleibende Frage ist daher nur, wie groß sind diese Effekte. Geht man von der oben zitierten Aussage aus, dann würde es sich um einen sehr geringen Anteil handeln. Der menschliche Energieverbrauch wäre nur ein geringer Bruchteil in der Gesamtbilanz (1:10.000 bzw. 15.000).

Allerdings wissen wir seit der CO₂-Diskussion auch Bescheid über die hohe Empfindlichkeit des Gesamtsystems. Hier spielt die Erhöhung der CO₂ Konzentration um 70 oder 100 ppm eine Rolle. Dies entspricht auch einem Verhältnis von 1 zu 10.000.

Das angegebene Verhältnis stellt sich übrigens nach [12-41] etwas anders dar. In diesem Text wird der Primärenergieverbrauch der Menschheit im Jahr 2009 mit $508 \cdot 10^{18}$ J angegeben. Die von der Sonne auf die Erdoberfläche abgestrahlte

Energie pro Jahr wird mit $3,9 \cdot 10^{24}$ angegeben. Das Verhältnis beträgt damit 1 zu 7.677. Die jährliche Umverteilung würde daher 130 ppm betragen müssen.

Wir können daher die Änderungen in der Energiebilanz nicht einfach so vernachlässigen. Umverteilungseffekte könnten, ähnlich wie bei den CO₂ Emissionen, schon durch kleinste Änderungen zu einer Destabilisierung führen. Hinzu kommt, dass sich die in Gang gesetzten Änderungen gegebenenfalls aufsummieren.

Das bedeutet, dass die Änderung von heute auch morgen noch wirksam ist und sich zur morgigen Änderung hinzu addiert. Durch einen solchen Summationseffekt könnte rasch aus kleinsten laufenden Änderungen ein hoher Gesamteffekt werden.

Nun kann man das am Schreibtisch ewig durchdenken und dann doch zu falschen Schlüssen kommen. Als Energiedetektive setzen wir uns hingegen mehr mit dem wirklichen Leben auseinander. „Der Energiedetektiv“ verlässt sich vorerst ganz einfach auf eigene Wahrnehmungen. Augen und Ohren sind in der realen Welt immer noch die besten Sinnesorgane.

Um es ganz offen zu sagen, es waren zuerst unsere Wahrnehmungen die uns zum Nachdenken und zur Arbeit am Schreibtisch zwangen. Es waren Wahrnehmungen die manches unseres bisherigen Wissens – oder besser gesagt falschen Glaubens – in Frage stellten.

Denn auch wir glaubten früher, dass die kleinen Eingriffe einzelner Solaranlagen etc. durchaus vernachlässigbar wären. Das hat sich inzwischen für uns als Fehleinschätzung herausgestellt. Aus kleinen, scheinbar vernachlässigbaren Eingriffen wurde inzwischen eine großtechnische und großflächige Umsetzung im Rahmen der Energiewende.

Damit sind die Umverteilungsprozesse nicht mehr vernachlässigbar. Vor den daraus entstehenden Folgen müssen wir als verantwortungsbewusste Ingenieure laut und deutlich warnen!

8.2. Feldarbeit – Wissen schaffen durch Beobachtungen

Was also zeigen unsere Beobachtungen? Es war für uns ein Weg mit großen Veränderungen. Erste Wahrnehmungen führten dazu, manches in Frage zu stellen, was wir bisher nicht in Frage gestellt hätten. Die Antworten die wir fanden und die neuen Fragen die auftauchten, waren die bisher größte Herausforderung in unserem Berufsleben. Denn sie erforderten unser Umdenken in ganz entscheidender Art und Weise. Bitte folgen Sie uns als Leser auf diesem Weg. Mit zahlreichen selbst erstellten Bilddokumenten haben wir versucht diesen Weg für den Leser nachvollziehbar zu machen.

Die erste Beobachtung ist, dass es alle Generationen verstanden haben, die Energiequelle Sonne zu nutzen. Mit den jeweils verfügbaren technischen Mitteln wurde Sonnenenergie genutzt.

Der Neandertaler freute sich genauso wie wir heute über den Sonnenschein. Und in der Schutz bietenden Höhle wurden Holzstücke verbrannt. Das gab Wärme, Licht, ermöglichte das Kochen und schützte vor wilden Tieren. Ein Lagerfeuer reichte damit für vier Grundbedürfnisse: Schutz vor Kälte, Beleuchtung, Nahrungszubereitung, Sicherheit. Hinzu kam dann noch die soziale Funktion: das Zusammenrücken der ganzen Gruppe am Lagerfeuer.

240

All das sind Grundbedürfnisse, die auch wir heute haben. Nur der moderne Mensch hat seine technischen Möglichkeiten durch Spezialisierung wesentlich verbessert. Allerdings mit dem unangenehmen Effekt dabei die Gesamtsicht verloren zu haben oder zumindest meist darauf zu vergessen.

Wenn wir die Geschichte weiter betrachten, dann haben alle Generationen der Menschheit letztlich die Solarenergie genutzt. Die Wahl des Bauplatzes wurde von der Sonneneinstrahlung ebenso bestimmt wie die Landwirtschaft. Die Sonnenenergie wurde im Getreidefeld ebenso wie im Obst- oder Weingarten für den menschlichen Wohlstand genutzt. Genauso ist die Wiese mit den Milchkühen ebenso eine Form der Nutzung von Solarenergie wie der Wald, der das Brennholz liefert. Die folgenden Bilder (Bild Nr. 8-2 bis Bild Nr. 8-4) sollen uns zum Nachdenken über diese Nutzung der Solarenergie anregen.



Bild 8-2 und 8-3: In einem Kürbisfeld wird Solarenergie ebenso für den menschlichen Wohlstand genutzt wie in einem Obst- oder Weingarten. In der Steiermark wird seit Jahrhunderten auch die Windenergie genutzt, wie dieser Klapotetz beweist



Bild 8-4: die Wiese als Weide in Kombination mit den Milchkühen ist nichts anders als eine Form der Nutzung der Solarenergie für den menschlichen Wohlstand.

Die Nutzung von Solarenergie setzt immer die Verfügbarkeit von Bodenfläche voraus. Über die Frage, wem der nutzbare Grund und Boden gehört, entstanden Eroberungskriege. Denn nur über die Fläche ist die Gewinnung von mehr Solarenergie möglich. Natürlich hängt die Globalstrahlung auch von der geographischen Region ab. Die Jahressumme der Globalstrahlung liegt in unserer Heimatstadt Graz bei 1.145 kWh pro m² und Jahr. In Spanien beträgt sie etwa 2.000 kWh/m². [8-2], [8-3]. Damit steht in Spanien zwar deutlich mehr Solarenergie zur Verfügung. Allerdings wäre bei Nutzung in Graz eine Distanz von ca. 2.000 km zu überwinden. Es wäre also wesentlich einfacher eine etwas größere Fläche in unmittelbarer Nähe zu nutzen. Um viel Energie nutzen zu können, muss man viel Fläche beherrschen. Das war immer so und wird immer so sein. Denn die Erdoberfläche bleibt letztlich begrenzt.

Warum glauben wir aber dann heute, dass die Nutzung der Solarenergie die Lösung für eine friedliche Zukunft wäre? Ganz einfach deshalb, weil wir technische Systeme entwickelt haben, die es erlauben einen sehr hohen Anteil der Sonnenenergie direkt in andere technisch nutzbare Energieträger umzuwandeln. Wir müssen zur Nutzung der Sonnenenergie also nicht mehr den Umweg über die Pflanzen und die weitere

Folge der Nahrungskette gehen. Wir können stattdessen die Pflanzen links liegen lassen und Sonnenenergie direkter nutzen.

In **thermischen Solaranlagen** wird die Sonneneinstrahlung direkt in **Wärme** umgewandelt. Diese Solarwärme kann dann direkt über Leitungsnetze für Heizung oder Warmwasserbereitung verwendet werden. Mit der **Photovoltaik** ist es sogar möglich, die Sonneneinstrahlung in **elektrische Energie** umzuwandeln. Der elektrische Strom kann dann fast für jede andere Energieanwendung genutzt werden.

Bei beiden Techniken kann allerdings immer nur ein begrenzter Teil der Solarstrahlung in nutzbare Energie umgewandelt werden. Die erste Begrenzung liegt in den Kollektoren selbst. Hier wird die Sonnenstrahlung entweder in elektrische Energie oder in nutzbare Wärme umgewandelt. Der erzielbare Wirkungsgrad bei den Kollektoren oder Solarmodulen ist nach einer Publikation der Stiftung Warentest [8-4] in Bild 8-5 zusammengefasst.

	Solare Wärme - Solarthermie	Solarer Strom - Photovoltaik
Nutzenergie	Wärme für Heizung oder Warmwasser	elektrische Energie
Wirkungsgrad - Kollektor	75 - 85 % (Kollektoren)	14 - 18 % (Module)
Energieernte [kWh/m²a]	200 - 600 kWh/m²a	70 - 120 kWh/m²a

Bild 8-5: Zusammenfassende Tabelle mit wichtigen Kenndaten von Solaranlagen

Der relativ hohe Wirkungsgrad von 75 – 85% bei thermischen Kollektoren mag überraschen. Es handelt sich dabei aber um den höchsten Wirkungsgrad, der nur dann Wirklichkeit wird, wenn die Außentemperatur und die Kollektortemperatur übereinstimmen. Denn wenn die Umgebungstemperatur sinkt, steigen die Wärmeverluste am Kollektor. Somit sinkt dann der Wirkungsgrad des Kollektors. Dies

macht Bild 8-6 deutlich, dass aus der Planungsunterlage für Kollektoranlagen zur Warmwasserbereitung stammt [8-5].

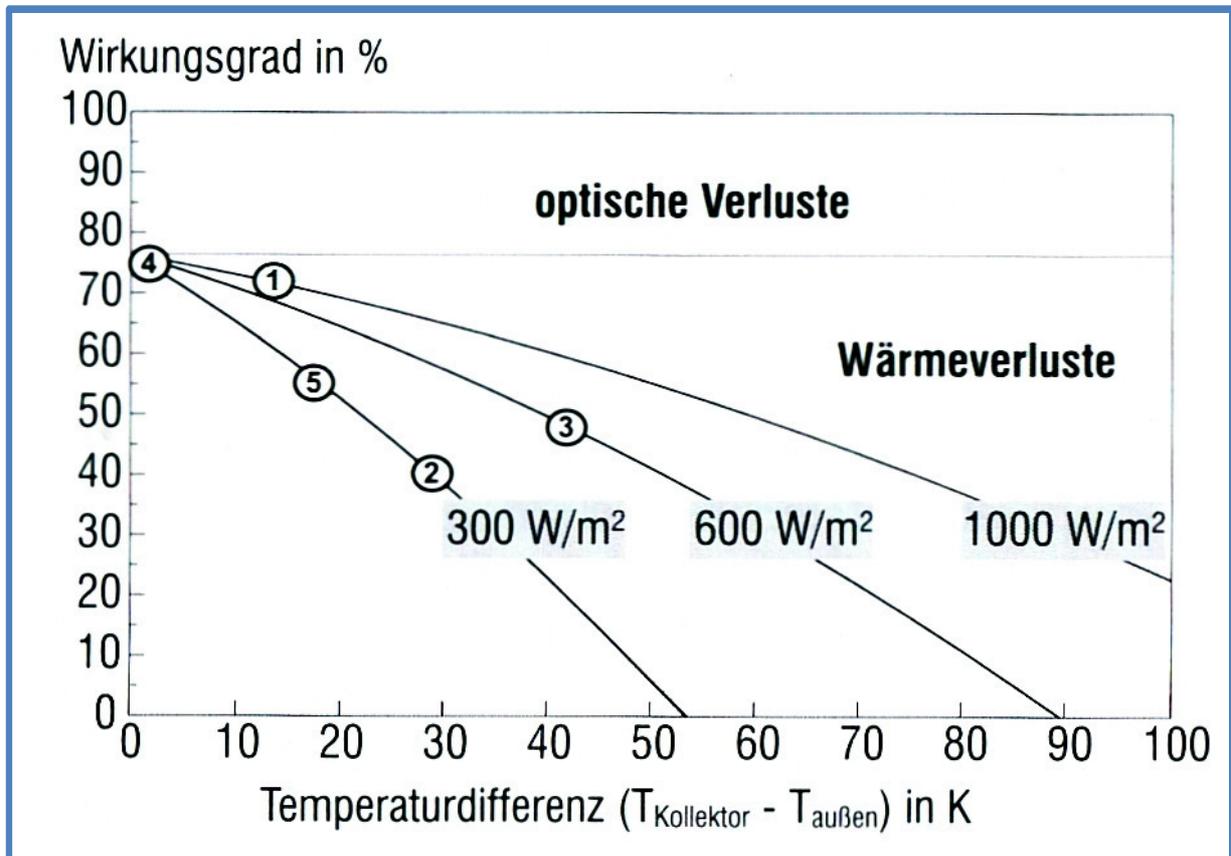


Bild 8-6: Der Wirkungsgradverlauf bei thermischen Solaranlagen ist stark von der Umgebungstemperatur abhängig

Wirkungsgrade sind immer nur eine Beschreibung einer einzelnen Betriebssituation. Wesentlicher ist der Jahresnutzungsgrad. Dieser gibt an, wie viel der eingestrahnten Energie tatsächlich in Form von Nutzenergie (Wärme oder Strom) über das ganze Jahr gesehen verwendet wird. Ein Franchise-Partner von „Der Energiedetektiv“ wertete Messungen an einer etwa 100 m² großen thermischen Solaranlage aus [8-6]. Hier standen Messwerte über mehrere Jahre zur Verfügung. Im besten Fall war das Verhältnis zwischen solarer Einstrahlung und der erzielten Nutzung knapp unter 20%. Zu den Verlusten am Kollektor oder Solarmodul selbst kommen auch weitere Verluste im Bereich der Weiterleitung der Energie und deren Umwandlung für die Endnutzung. So gibt es Verlustwärme am Wechselrichter einer Photovoltaikanlage oder am Wärmetauscher einer thermischen Solaranlage.

In allen diesen technischen Bereichen entstehen immer auch Verluste und damit Abwärme. Man muss daher festhalten, dass meist die Ausbeute an Nutzenergie mit maximal etwa 20 bis 30% begrenzt ist. Die übrigen 70 bis 80% der Solarstrahlung werden nur in Wärme umgewandelt. Diese wird nicht weiter genutzt und geht als Abwärme an die Umwelt verloren. Den Energiefluss bzw. die Energiebilanz von Solaranlagen skizziert in dieser Weise Bild 8-7.

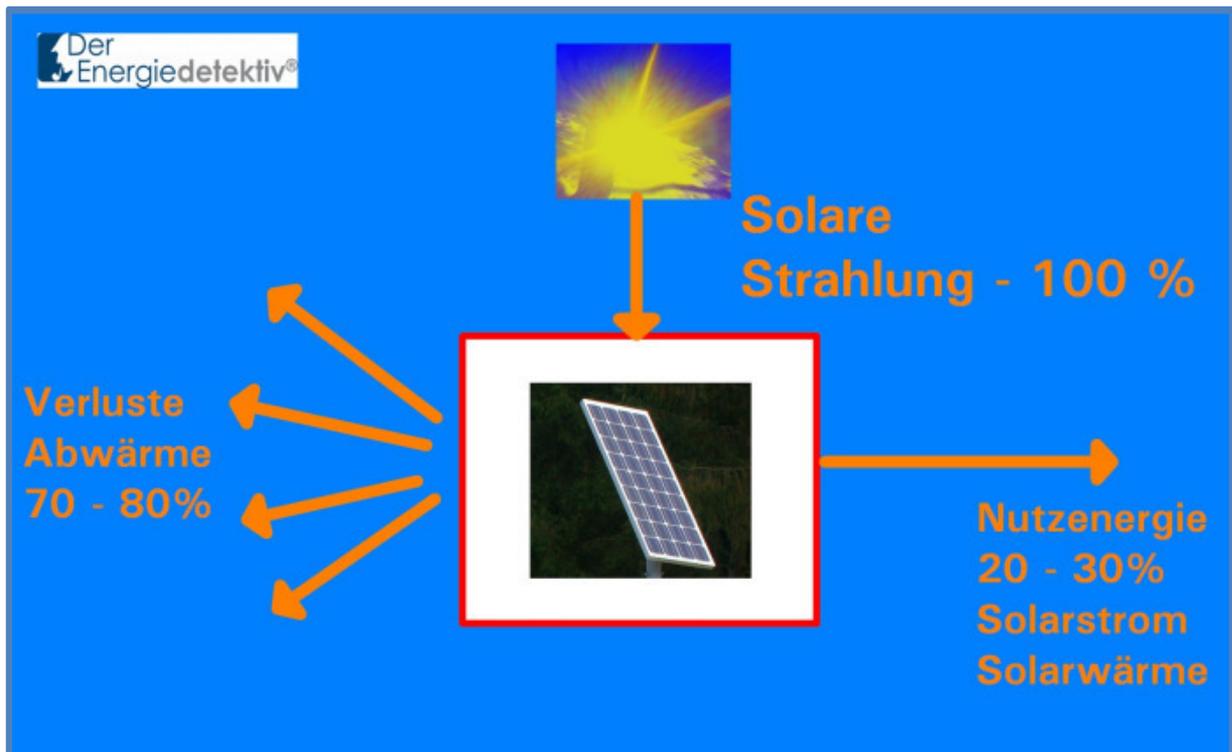


Bild 8-7 Grobe Energiebilanz technischer Solaranlagen

Wir werden später noch der Frage der Verluste in einer Gesamtbilanz nachgehen. Diese Gesamtbilanz inklusive der Veränderungen gegenüber dem ursprünglichen Ausgangszustand ist sehr wichtig. Denn meist wird davon ausgegangen, dass mit und ohne die technische Nutzung die energetische Gesamtsumme konstant bleibt. Das stimmt zwar und entspricht dem Energieerhaltungssatz. Es ist allerdings eine unzulässige Vereinfachung, da sie dazu führt, dann die geänderten Energieströme und deren Nebenwirkungen nicht weiter zu untersuchen. Genau das haben wir in der vorliegenden Studie ausführlich nachgeholt. Daraus ergeben sich fundamentale Konsequenzen für Umwelt und Klima. Vorerst sehen wir uns noch ein paar Beispiele für die direkte Nutzung der Solarenergie an. Dabei tauchen einige Fragestellungen auf, die uns zu ungewöhnlichen Schlussfolgerungen führen werden.

8.3. Beobachtungen an real existierenden Solaranlagen

8.3.1. Unterschiedliche Nutzungsmodelle von Solarenergie

Thermische Solaranlagen wurden durch viel Privatinitiative schon vor längerer Zeit populär gemacht. Als Energieberater der Landesregierung zog der Autor selbst durch die Lande, um bei Informationsveranstaltungen für Solarenergie zu werben. Die Pioniere der ersten Stunden organisierten in ihren Heimatorten Selbstbaugruppen. Gemeinsam wurden Kollektoren gebaut und auf Dächern der Häuser montiert. Viel Erfahrung wurde gesammelt. Die meisten dieser Anlagen sind nun schon mehrere Jahrzehnte in Betrieb und liefern immer noch zuverlässig das Warmwasser. Diese Selbstbaugruppen gibt es kaum mehr. Dafür fixfertige Anlagen von der Stange. Jeder Installateur kann diese liefern. Es handelt sich heute um eine ausgereifte Technologie, mit der sowohl Warmwasser als auch die Heizungsanlage versorgt werden kann. Aber beim Blick auf manche Anlagen kommen weitere Fragen auf. Einige thermische Solaranlagen haben wir in unserer Umgebung fotografiert (Bild 8-8 und 8-9). Können Sie ahnen, welche Fragen sich dabei noch für uns stellten?



Bild 8-8: Eine thermische Solaranlage irgendwo in der Weststeiermark



Bild 8-9: Eine thermische Solaranlage östlich von Graz

Beide Fotos entstanden jeweils im Herbst in der Erntezeit. Auf beiden Fotos sind thermische Solaranlagen zu sehen. Aber ebenso ist erkennbar, wie früher die Sonnenenergie auch anders genutzt wurde! Die älteren Apfelbäume waren und sind nichts anderes als „**biologische Solaranlagen**“. Sie sind ein eindrucksvoller Beweis dafür, dass Sonnenenergie Leben bedeutet. Der lebende Apfelbaum als biologische Solaranlage „sammelt“ über seine Blätter im Sommer Sonnenenergie. Er verfügt dabei gleichzeitig über eine Art Saisonspeicher. Denn die verarbeitete Solarenergie wird u.a. in den Äpfeln gespeichert. Der Fruchtzucker der Äpfel ist genauso eine gespeicherte Energieform wie das warme Wasser im Speicher der Heizungsanlage.

Seltsam ist nur irgendwie, dass heute kaum mehr jemand an dieser Art der Energienutzung interessiert scheint. Die Äpfel in seinem Garten selbst zu ernten und zu verarbeiten ist arbeitsintensiv und macht etwas Mühe. So findet man immer öfter große Mengen ungenutzten Fallobstes. Zugegeben die Äpfel sind nicht die schönsten, aber einen ordentlichen Saft oder Most würden sie immer erbringen. Irgendwie ergibt sich da die Frage der Gesamteffizienz in unserer Gesellschaft. Wir machen uns also auf die Suche und gehen nach einem dieser Fotos in den nächstgelegenen Supermarkt. Dort gibt's den Apfelsaft in Verpackungen zu ein Liter.

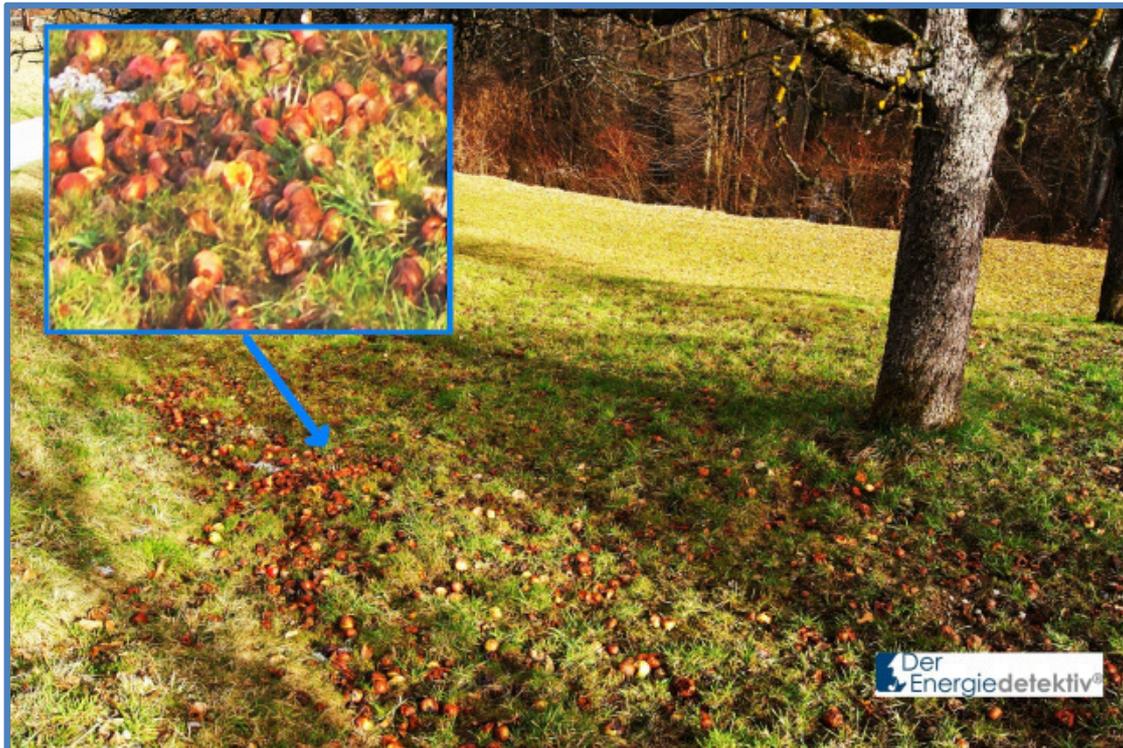


Bild 8-10: Fallobst wie man es immer öfter ungenutzt unter alten Bäumen finden kann. Das Bild entstand Anfang März, es handelt sich also um Fallobst aus dem letzten Jahr, dass unter der Schneedecke etwas konserviert wurde



Bild 8-11: im nächsten Supermarkt kauften wir diesen Apfelsaft

Hergestellt wird dieser Saft aus Apfelsaftkonzentrat. Dieses erhält man durch Entzug von Wasser und Abtrennen von Aromen. Dadurch reduziert sich das Volumen auf ca. ein Sechstel. Lagerung und Transport werden somit günstiger. Mit speziell aufbereitetem Trinkwasser und den getrennt gelagerten Aromen wird der Saft dann später rekonstruiert. So kann man durch Verschneiden (Mischen) unterschiedlich ausgeprägter Apfelsaftkonzentrate einen gleichbleibenden Geschmack erreichen. Ansonsten würden je nach Apfelsorte und/oder Anbaugebiet unterschiedliche Geschmacksrichtungen im Apfelsaft auftreten [8-7].

Auf der Verpackung des „rekonstruierten Apfelsaftes“ wird dem Käufer bestätigt, dass der Verpackungskarton aus „verantwortungsvollen Quellen“ hergestellt wurde. Auch hat er mit dem Kauf des Getränkekartons einen Beitrag zum verantwortungsvollen Umgang mit Rohstoffen geleistet – scheinbar sogar weltweit. Der englische Text auf der Verpackung erwähnt gar „responsible forest management worldwide“.

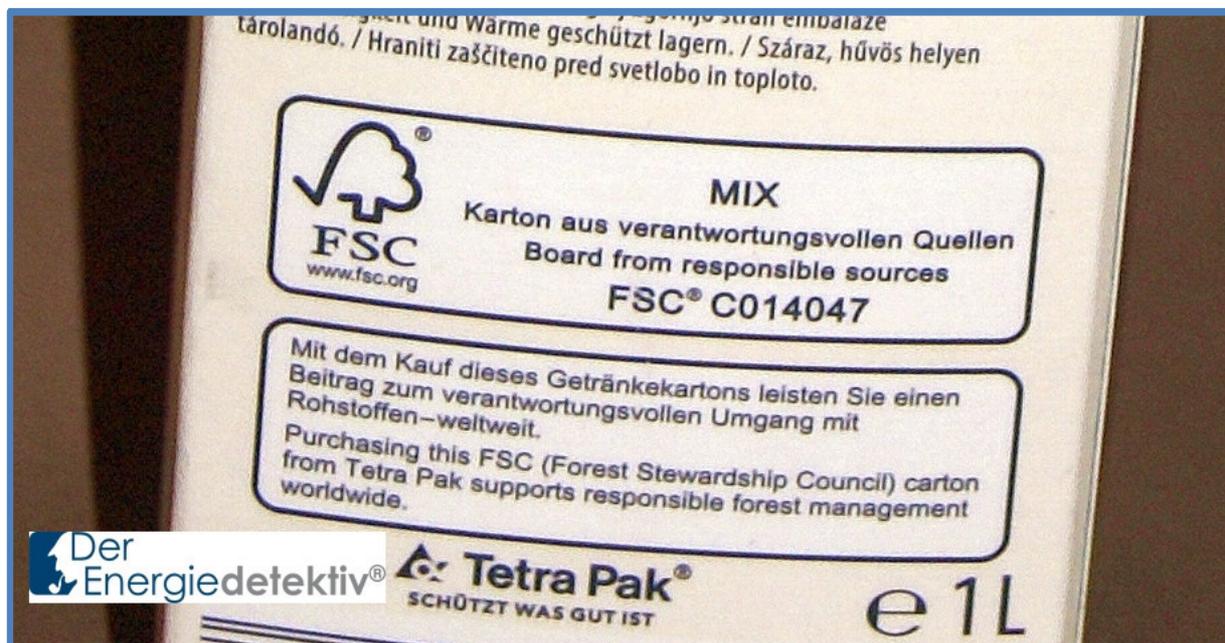


Bild 8-12: Aufdruck auf der Verpackung

Was aber weder Wikipedia noch die Verpackung verraten können ist folgende Frage: Warum machen wir Menschen so einen Unterschied bei der Nutzung von Solarenergie? Wir errichten Solaranlagen und nutzen die Energie daraus für warmes Wasser. Gleichzeitig lassen wir unsere Äpfel unter dem Baum verfaulen. Wir sind von der Nützlichkeit der Solarenergie völlig begeistert. Nur sie muss vollautomatisch

funktionieren. Die Nutzung der Sonnenenergie ist uns wichtig - davon sind alle überzeugt. Aber wir selbst, wir Menschen haben wichtigeres zu tun, als uns selbst um den Solarertrag zu kümmern.

Als der Autor und seine Gattin vor kurzem mehrere Obstbäume im Garten neu pflanzten, klärten die Freunde uns auf: „ihr werdet schon sehen, ist alles nur Arbeit!“ Einer der Freunde war im darauffolgenden Jahr so nett und bot uns an, seine Ernte am alten Baum zu nutzen. Gemeinsam gingen wir ernten. Es waren arbeitsreiche, aber schöne drei Stunden miteinander.

Wir plauderten und ernteten genau 103 kg Früchte von diesem einen Obstbaum. Glücklicherweise genossen wir monatelang den wunderbaren Saft, den die ebenso wunderbare Herrin unseres Hauses daraus hergestellt hatte.

8.3.2 Schattenseiten der Solarenergie

Die nächste Erfahrung mit thermischen Solaranlagen und dem menschlichen Genie machen wir am Flachdach eines größeren Wohngebäudes (Bild 8-13 und Bild 8-14).

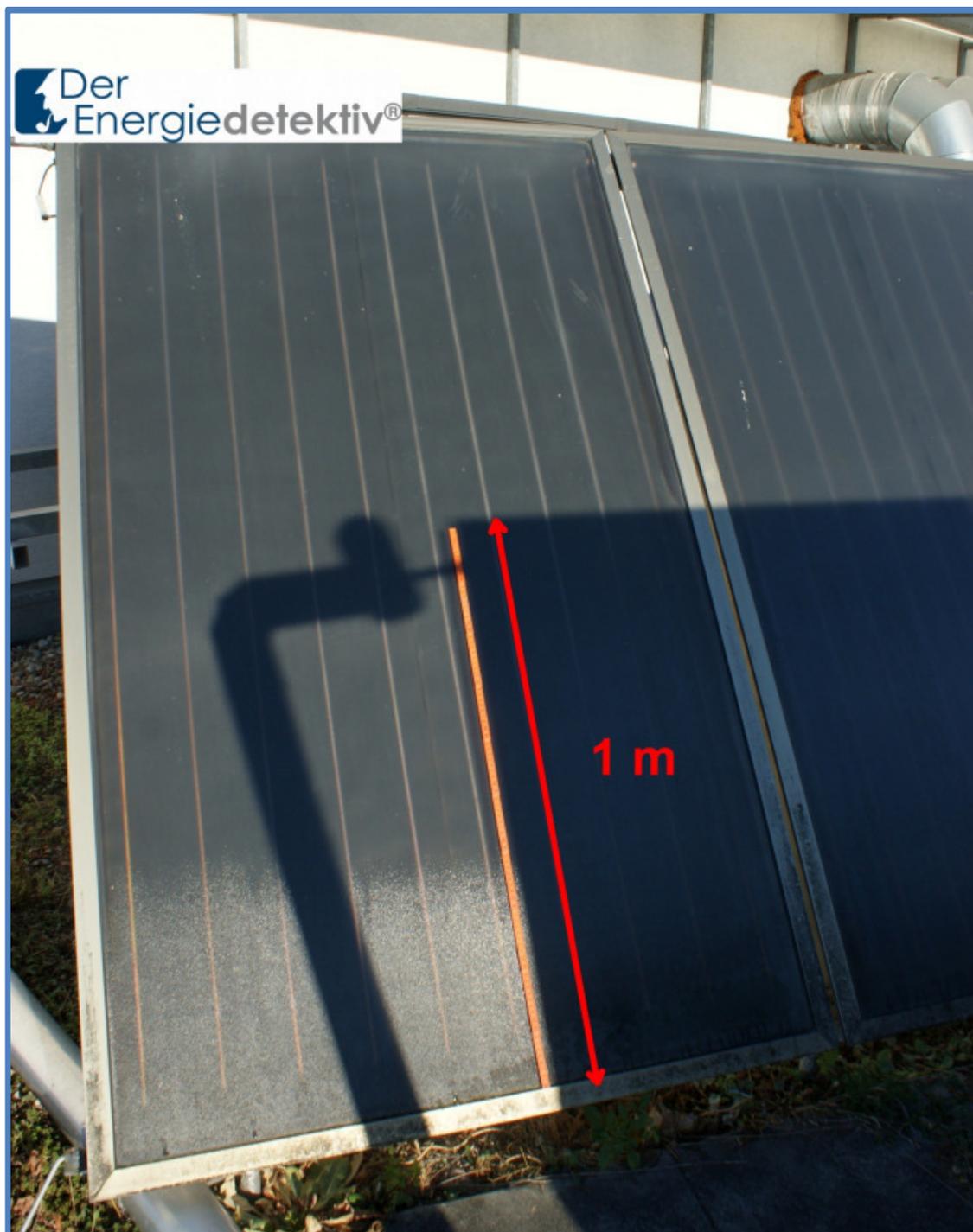


Bild 8-13: Ein teilweise beschattetes Kollektorfeld einer Großanlage mit 100 m² Fläche. Der Maßstab zeigt, dass der Schatten die Hälfte der Kollektorhöhe betrifft



Bild 8-14: Die zu enge Aufstellung der Solarfelder führt zur beobachteten Verschattung. Die halbe Kollektorfläche ist um 11 h verschattet.

Für manche Gebäude ist eine Solaranlage mittlerweile Vorschrift. Das scheint ein wesentliches Problem zu lösen. Man kann die Anlage nun verkaufen, auch wenn sie halb im Schatten steht. Als Bauherr und Investor sollte man aber eigentlich erwarten können, dass derartige Fehler nicht auftreten. Schließlich handelt es sich um eine durchaus beachtliche Investition. Dennoch finden wir immer öfters solche Anlagen.

Setzen wir also unsere Beobachtungen an einer weiteren thermischen Solaranlage fort. Bei dieser ist die dokumentierte Verschattung geringer als im vorherigen Beispiel. Diesmal geht es aber nur indirekt um das Thema der Verschattung. Denn wir können an dieser Anlage eine andere, sehr interessante Beobachtung machen. In den Bildern 8-15 bis 8-17 werden Beobachtungen aus dem Frühjahr mit Beobachtungen aus dem Herbst verglichen.

Die Bilder zeigen dabei sowohl den Dachbereich mit der Solaranlage als auch einen gleichartigen angrenzenden Bereich ohne eine Solaranlage. Dieser Vergleich zeigt nun einen sehr interessanten Effekt.



Bild 8-15 Aufnahme einer thermischen Solaranlage mit relativ kleiner, gegenseitiger Verschattung. Die Aufnahme entstand Anfang April – also zu Beginn der Vegetationsperiode



Bild 8-16: Aufnahme dieser thermischen Solaranlage Ende Oktober des gleichen Jahres, also am Ende der Vegetationsperiode

Das Foto im April (Bild 8-15) zeigt auf beiden Flachdächern eine gewisse Vegetation. Im Bereich der Solaranlage ist etwas mehr Vegetation vorhanden. Das sonstige Flachdach weist nur einen relativ geringen und niedrigen Bewuchs auf. Das zweite Bild entstand Ende Oktober. Es zeigt im allgemeinen Bereich des Daches nach wie vor einen relativ geringen und niedrigen Bewuchs. Allerdings hat sich der Bewuchs im direkten Umfeld der Solaranlage doch deutlich verändert. Und zwar insbesondere im Bereich zwischen den beiden Solaranlagen. Dies wird besonders in einem weiteren Foto (Bild 8-17) deutlich. Hier ist die Vegetation in diesem Zwischenraum klarer erkennbar.



Bild 8-17 die Vegetation rund um die Solaranlage Ende Oktober in einer weiteren Aufnahme. Es zeigt sich, dass massives Wachstum zwischen den beiden Kollektorfeldern stattfand

Wie unschwer am Schattenwurf erkennbar ist, sind die Gräser und aufwachsenden Sträucher von beachtlicher Höhe. Rund um die Solaranlage, aber besonders im Zwischenraum zwischen den beiden Kollektorfeldern gab es zwischen April und September ein üppiges Wachstum. Im übrigen Dachbereich hingegen sind die vegetativen Veränderungen deutlich geringer.

8.3.3. Klimatische Änderungen im Bereich von thermischen Solaranlagen

Offenbar konnte im Bereich vor dem hinteren Kollektorfeld die Vegetation sich besser entwickeln, als neben den Kollektorfeldern. Dies mag mehrere Ursachen haben: zum einen ist das Wasserangebot hier deutlich besser als im übrigen Dachbereich. Das hintere Kollektorfeld sammelt das Regenwasser und leitet es konzentriert in diesen Zwischenbereich. Den Pflanzen stand damit hier eine größere Wassermenge zur Verfügung als in anderen Bereichen.

Derartige Flachdächer sind mit Schottermassen so aufgebaut, dass Wasser zwar kurz gepuffert aber doch sehr rasch entwässert. Es mag sein, dass daher der erhöhte Wasserzufluss für die Vegetation einen wichtigen Vorteil ergab.

Ein weiterer klimatischer Vorteil besteht im Zwischenraum aber auch durch geringere Windbelastung bei gleichzeitig wesentlich wärmeren Kleinklima. Sowohl das vordere als auch das hintere Kollektorfeld erwärmen sich stark. Dabei wird ein relativ hoher Anteil der eingefangenen Wärme nicht ins Haus geführt, sondern liegt konzentriert im Zwischenbereich als Abwärme vor. Erinnern wir uns dabei auch an die weiter oben gezeigte Energiebilanz für Solaranlagen. Danach gehen etwa 70 – 80% der beanspruchten Solarenergie als Abwärme verloren (vergl. Bild 8-7). Wir können daher davon ausgehen, dass dieser Zwischenbereich bei den Kollektoren deutlich wärmer ist als die ungeschützten seitlichen Bereiche am Dach.

Dabei mag auch eine Rolle spielen, dass Teile dieser Solaranlage scheinbar unzureichend gedämmt sind. Dies wird in einem vergrößernden Bildausschnitt in Bild 8-18 erkennbar. Hier scheint man zu erkennen, dass die Kupferleitung, die das erwärmte Wasser in die Wohnung bzw. zum nächsten Kollektorfeld führen soll, ohne eine Wärmedämmung ausgeführt wurde.

Allerdings war uns eine direkte Begehung des Daches nicht möglich, sodass es sich hier vorerst um eine Vermutung handelt. Diese ist allerdings nicht so abwegig, wie weitere Auswertungen noch zeigen werden.



Bild 8-18: Der vergrößerte Ausschnitt lässt vermuten, dass die heißen Kupferrohre, die die Solaranlage mit der Heizungsanlage verbinden, nicht wesentlich gedämmt wurden

Zusätzlich fällt bei der Vegetation zwischen den Kollektoren auf, dass die aufgewachsenen Gräser und Sträucher eine beachtliche Höhe erreicht haben. Dies mag auch damit zusammenhängen, dass Pflanzen in verschatteten Bereichen sehr stark das Höhenwachstum favorisieren. Dies um möglichst rasch Blätter aus dem Schattenbereich hinaus zu bringen.

Damit ist dann eine wesentlich bessere Photosyntheseleistung gegeben. Das heißt die Pflanze verbessert ihre Nahrungsversorgung. Sie hungert nicht mehr, wenn es gelingt rasch aus dem Schatten ins Licht zu wachsen. Allerdings kommt es dann eben zu einem Umkehrreffekt. Die Pflanze wird dann hoch genug, um ihrerseits wieder die dahinter liegende Solaranlage zu beschatten. Damit ist der Gewinn der aufwachsenden Pflanze gleichzeitig ein Verlust für die Solaranlage. Der Kampf um die beste Energieversorgung spielt sich auch im Kleinen ab.



Bild 8-19: entlang der nicht gedämmten Leitung einer Solaranlage ist der Schnee geschmolzen.

Ein weiteres Beispiel für einen richtig massiven Klimanutzen bei einer thermischen Solaranlage zeigt ein Besuch auf einem anderen Dach. Es handelt sich um ein größeres Wohnhaus. Hier ist die Solaranlage zwar nicht verschattet, aber dafür wurden die Rohre zur Leitung des Heißwassers in den Heizungskeller nicht isoliert. Genauso, wie wir es auch beim vorherigen Beispiel vermutetet haben. Allerdings konnten wir die nächste Solaranlage nun mitten im Winter untersuchen. Eine ideale Situation um Wärmeverluste aufzuspüren. Besonders dann, wenn gerade Schnee liegt. Bild 8-19 zeigt, wie entlang der ungedämmten Leitungen der Schnee schmilzt

Beim Ableitungsschacht werden diese Rohre ins Haus geführt. Hier werden die Änderungen im Kleinklima noch besser erkennbar. Just an dieser Stelle ergibt sich ein ideales Kleinklima für einen beachtlichen Strauch. Mit der Wand im Hintergrund und der Wärme aus der Solarleitung ist dieses Gewächs auch im Winter deutlich erkennbar. Es zeigt sich an diesem Beispiel einmal mehr, dass die Verluste des einen gleichzeitig die Gewinne eines anderen sind. Die Verluste aus den ungedämmten Verbindungsrohren können die lokalen Bedingungen für das Leben massiv ändern. Auch oder sogar besonders im Winter.



Bild 8-20: Klimanutzen einer thermischen Solaranlage – gleich am Dach wird durch nicht gedämmte Leitungen das Wachstum von „Biomasse“ in Form eines kleinen Strauches angeregt

Der Mensch wollte die Sonnenenergie für sich einfangen. Hat dann aber schlampig gearbeitet. Das produziert Verluste. Diese Verluste sind damit wieder ein Gewinn für das Leben. Sie garantieren diesem Strauch seine Existenz an dieser Stelle. Sie sichern sein Überleben selbst bei Frost. Im Gesamtsystem des Lebens gibt es den menschlich geprägten Begriff der Effizienz nicht wirklich. Denn die Gesamteffizienz

der Schöpfung ist immer hundert Prozent! Was der eine aus Schlampigkeit oder Dummheit nicht nutzt, nutzt dann eben ein anderer. Der Umkehrschluss gilt allerdings auch: wenn einer alles für sich beansprucht, bleibt für die anderen nichts mehr übrig!

Um vielleicht sonst entstehende Missverständnisse sofort auszuräumen: Viele thermische Solaranlagen sind ordentlich aufgebaut und liefern Solarwärme ganzjährig. Ohne große Verluste wird die Energie aus dem Kollektor in den jeweiligen Heizungskeller oder Warmwasserspeicher gebracht!

Mit den von uns gezeigten „negativen“ Beispielen, versuchen wir hingegen den Zusammenhang zwischen der direkten Energienutzung der Sonnenenergie und den Auswirkungen auf das irdische Leben klar zu machen.

Thermische Solaranlagen sind eine gute Option, um die Wärmeversorgung von Objekten und Prozessen sicherzustellen. Dies setzt allerdings voraus, dass der Bedarf zeitlich mit dem Angebot übereinstimmt. Andernfalls sind spezielle Saisonspeicher erforderlich. Diese sind technisch möglich aber doch recht aufwändig und kostenintensiv.

Da im Sommer der höchste Solarertrag erzielbar ist, sind thermische Solaranlagen am besten für Anwendungen geeignet, die im Sommer benötigt werden. Das wäre in Haushalten vor allem die Warmwasserversorgung. Dann kann die Feuerungsanlage stillstehen und die Sonne übernimmt die Warmwasserbereitung. Dennoch führen auch solche Anlagen zu meist unbeachteten Nebenwirkungen auf Klima und Leben.

8.3.4. Vegetation, Schatten und der Kampf ums Licht

In den letzten Jahren werden thermische Solaranlagen nicht mehr so stark nachgefragt. Das Interesse richtet sich jetzt primär auf Photovoltaikanlagen. Zum einen, weil elektrische Energie der hochwertigste Energieträger ist. Mit elektrischem Strom kann praktisch jede andere Anwendung abgedeckt werden.

Zum anderen ist der gesamte Energiemarkt schon seit vielen Jahren stark beeinflusst durch diverse Förderungen. Für die Nachfrage nach Photovoltaikanlagen war bisher vor allem die hohe Förderung maßgeblich. Die anfangs recht hohen Förderungen haben viele Menschen dazu bewogen, solche Anlagen zu errichten. Schließlich konnte man damit richtig Geld machen. Thermische Solaranlagen wurden zwar auch gefördert, aber nie derart exzessiv. Auf die zu vermutenden Hintergründe dieser Förderpolitik wollen wir hier nicht eingehen.

Tatsache ist jedenfalls, dass in den letzten Jahren sehr viele Photovoltaikanlagen errichtet wurden. Auch hier kann man inzwischen viele Anlagen finden, bei denen man sich bezüglich der Planung bzw. Ausführung manche Frage stellen kann.

260

Ohne Förderungen wären Photovoltaikanlagen meist nur in Insellagen wirtschaftlich. Das heißt, nur dann zahlt sich eine Photovoltaikanlage aus, wenn kein Stromanschluss ans öffentliche Netz machbar ist. Steht der Strom aus der Photovoltaikanlage in direkter Konkurrenz zum Strom aus dem öffentlichen Netz, dann ist die wirtschaftlichste Lösung im Allgemeinen den gesamten Stromverbrauch aus dem Stromnetz zu beziehen. Erst Förderungen oder garantierte Abnahmepreise und Ökoabgaben führen dann, eventuell in Kombination mit Marketingüberlegungen, dazu, dass eine Photovoltaikanlage eine finanziell sinnvolle Variante wird. So schneidet sie dann gegenüber der normalen Versorgung aus dem öffentlichen Netz besser ab.

Eigentlich sollte man davon ausgehen können, dass bei einer derartigen Investition klar dafür gesorgt ist, dass die teure Anlage das Optimum aus der Sonnenstrahlung herausholt. Umso erstaunlicher ist, dass man dennoch viele Anlagen finden kann, die zumindest teilweise im Schatten stehen.

Schattenwurf ist, im Gegensatz zu thermischen Solaranlagen, bei Photovoltaikanlagen extrem problematisch. Denn bei Photovoltaikanlagen spielt der Schattenwurf auch dann eine entscheidende Rolle, wenn dieser vielleicht nur kleinere Teilbereiche betrifft. Denn durch Schatten auf nur kleinen Teilbereichen kann es zu einem erheblichen Ausfall bei der Gesamtleistung kommen. So beschreibt eine Verkaufsplattform im Internet die Situation in [8-8] wie folgt:

Verschattungsprobleme können ein K.O.- Kriterium bei der Anlagenplanung darstellen und sollten keinesfalls unterschätzt werden. Der Minderertrag durch Schatten kann sich extrem auf die Gesamtleistung der Anlage auswirken.

Module werden im Normalfall in einem oder mehreren Strängen, den so genannten "Strings" in Reihe geschaltet. Es gibt zwar auch die Möglichkeit der Parallelverschaltung, dies ist aber die Ausnahme und zieht andere Nachteile nach sich. Wird nun ein Modul in dem in Reihe geschalteten String verschattet, wirkt sich das überproportional auf die Gesamtleistung des gesamten Strings aus, auch wenn alle anderen Module schattenfrei sind.

Eine Verschattung von Solarzellen sollte bei guter Planung daher möglichst vermieden werden. Es sei denn, es stehen reine Marketinggründe im Vordergrund. Etwa in der Form, dass man mit solch einer Anlage primär seine Fortschrittlichkeit und sein Umweltbewusstsein dokumentieren will. Aber eigentlich dokumentiert eine beschattete Anlage dann wohl eher, dass man die wirtschaftliche Intelligenz der Beobachter unterschätzt. Wie auch immer, die folgenden Beispiele zeigen, dass auch manche prominent platzierte Anlagen ein Schattendasein führen. Auch hier vorab der Hinweis, dass es daneben natürlich sehr viele schöne und ordentlich aufgebaute Photovoltaikanlagen gibt.

Die folgenden Bilder sollten uns alle zum Nachdenken über Zusammenhänge zwischen dem Leben in Licht und Schatten anregen. Vielleicht lassen sie uns dann auch nachdenken über die allgemeinen wirtschaftlichen Grundlagen. Sozusagen dem Leben zwischen Gewinn, Steuern, Abgaben und Förderprogrammen.



Bild 8-21: Schattendasein der Solarzelle am modernen Parkautomaten eines Parkplatzes der Wirtschaftskammer



Bild 8-22 Der Blick zur Sonne ist durch das Laubdach des Baumes im Hochsommer (August) massiv beschränkt



Bild 8-23: aber auch im Winter bleibt eine gewisse Einschränkung durch Schattenwurf der nun laubfreien Äste (hier im Februar)



Bild 8-24: Schattendasein der Solarzellen eines Parkautomaten im öffentlichen Bereich der Stadt Graz

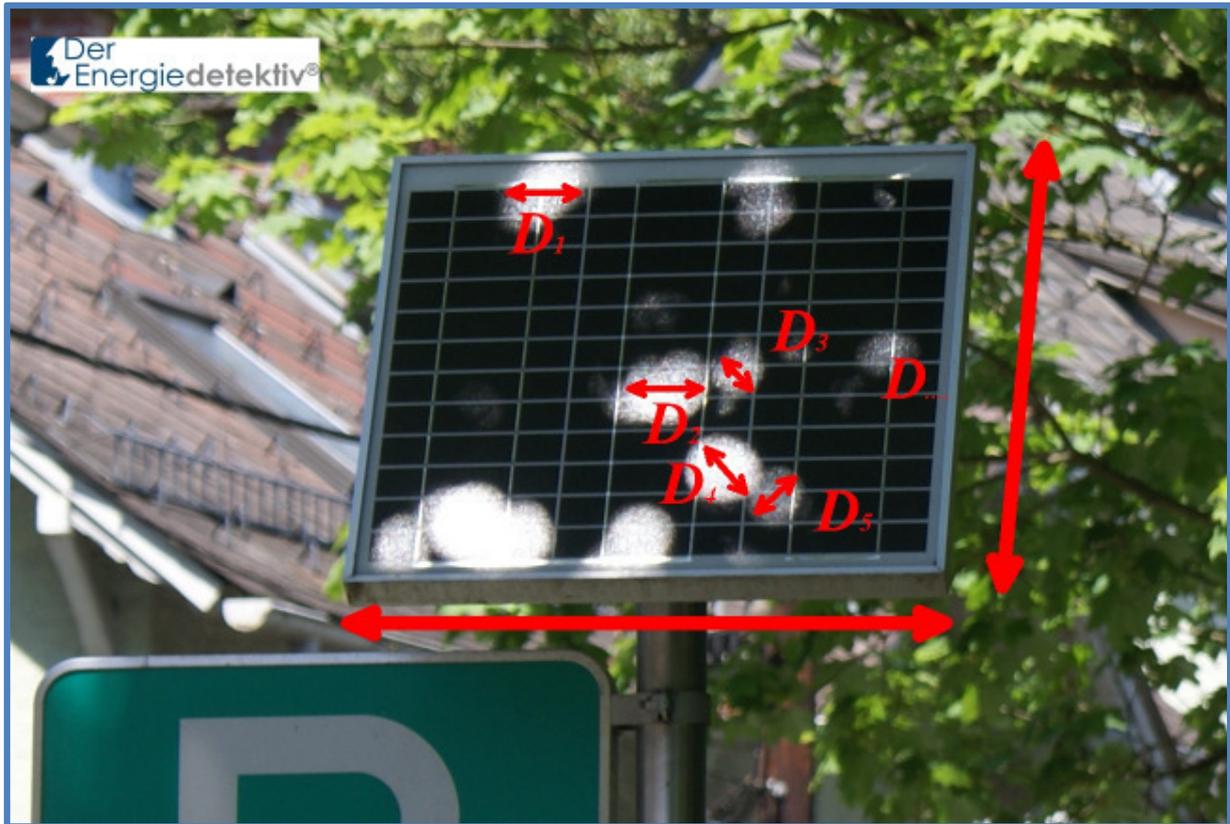


Bild 8-25 Der Ausschnitt der Solarzelle an diesem Parkautomaten der Stadt Graz lässt auch einen Rückschluss auf den Grad der Verschattung zu. Die Aufnahme entstand Ende Mai um die Mittagszeit

Beobachtungen von verschatteten Photovoltaikanlagen kann man immer häufiger machen. Da gibt es Anlagen bei denen bereits bei der Errichtung klar ist, dass sich eine Beschattung aufgrund von Nachbargebäuden oder auch Bewuchs ergibt. Alte Bäume im Stadtgebiet mit Solarzellen direkt im Schattenwurf sind mittlerweile keine Seltenheit mehr. Die beiden Beispiele in Bild 8-21 bis 8-25 machen dies deutlich. Es reicht meist, wenn nur ein relativ kleiner Teil des Solarzellenbereichs verschattet ist, um die Leistung drastisch zu reduzieren. Die hier gezeigten Bilder zeigen hingegen, welche große Flächenanteile bei solchen Anlagen teilweise verschattet sind.

Für Bild 8-25 lässt sich relativ einfach auch berechnen, welcher Anteil der Solarzelle hier verschattet bzw. von direktem Sonnenlicht beleuchtet ist. Dazu wurden die Flächenanteile näherungsweise berechnet. Nur 13,88% der Fläche sind dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt. 86,12% der Fläche sind durch den Baum verschattet. Dies um die Mittagszeit und Ende Mai. Also gerade in jener Jahreszeit, in der die Solarzelle am meisten Strom bringen könnte.

Solche Parkautomaten sind ohnedies i.A. auch an das öffentliche Netz angeschlossen. Die Beschreibung der Stadt Graz zu den Parkautomaten erwähnt auch, dass diese über ein Datenfernübertragungssystem verfügen [8-9]. Die Kommunikation mit der Zentrale erfolgt dabei über GSM, sodass eine Optimierung der Einsatzbereitschaft des Parkscheinautomaten erreicht werden kann. Dabei wirbt man auch für Werbeflächen auf den Parktickets. So können Unternehmen tagesaktuell für Veranstaltungen oder Sonderangebote werben.

Nun kann man bei so ganz modernen Geräten einen alten Baum nicht einfach so wegschneiden, damit die Solaranlage mehr Licht und das Gerät mehr Strom bekommt. Warum man Parkautomaten mit Solarzellen an solchen verschatteten Standorten aufstellt, wird wohl ein Rätsel bleiben. Vielleicht weil alle von dieser Technik so begeistert sind, dass man den Gesamtblick verloren hat? Vielleicht weil keiner mehr den Zusammenhang zwischen Energie und Sonnenlicht kennt?

Zunehmend sind aber auch Photovoltaikanlagen zu finden, bei denen man erkennt, dass irgendwann in naher Zukunft ein Konflikt zwischen Vegetation und Solarstrom drohen. Die folgenden Bilder 8-26 bis 8-30 zeigen stellvertretend einige solcher Situationen.



Bild 8-26: Schattendasein einer Solarzelle (markiert) für ein Verkehrssignal



Bild 8-27: Hier kommen über kurz oder lang die Fichten des kleinen Waldes sowie die vor dem Haus gepflanzte Konifere mit der Photovoltaikanlage in Konflikt.

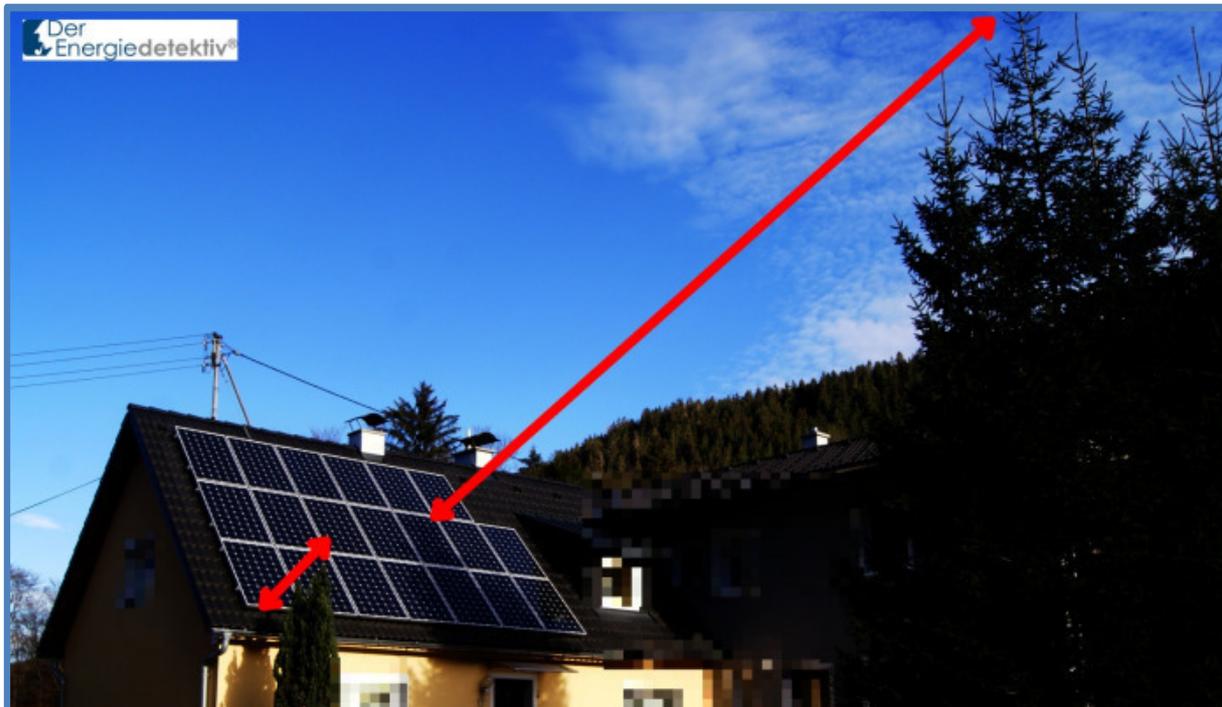


Bild 8-28: Ein Jahr später ist der der Wald schon etwas größer und der Schattenwurf auf der Photovoltaikanlage und der Hauswand deutlich erkennbar

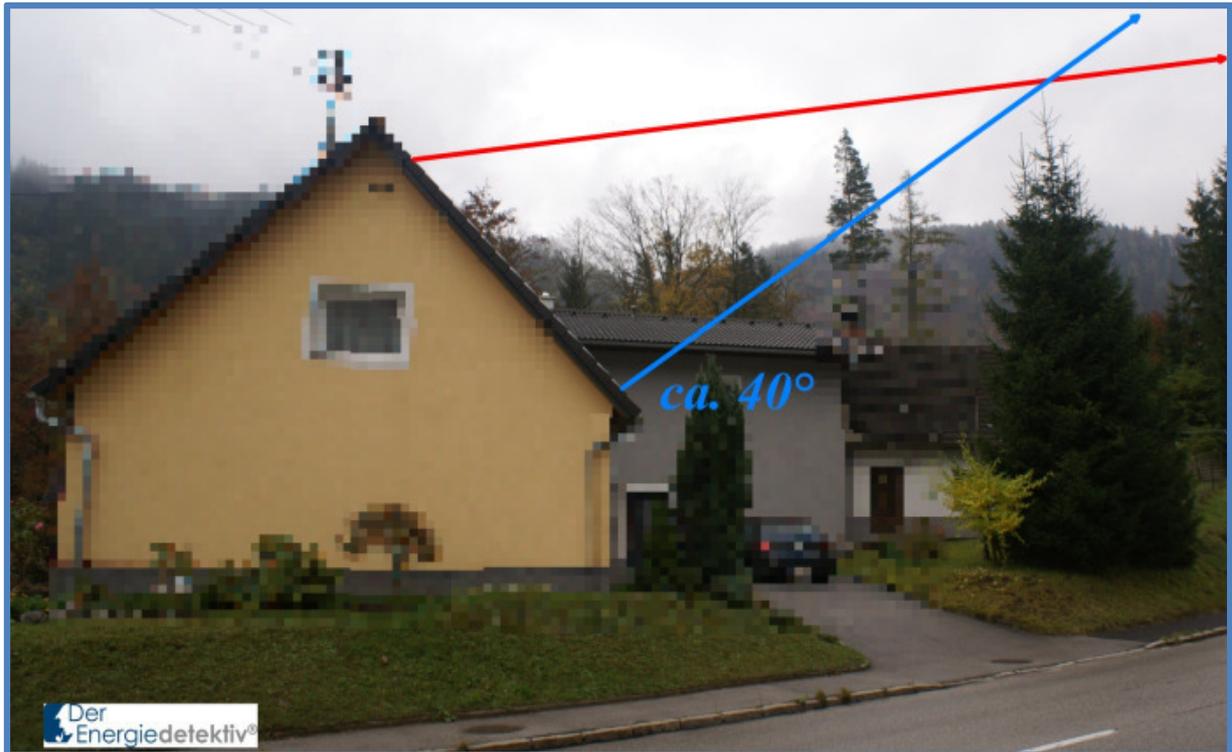


Bild 8-29: Es zeigt sich, dass der untere Teil der Photovoltaikanlage bereits jetzt ab einem Sonnenstand unter ca. 40° vom Schatten erreicht wird.



Bild 8-30: Ein weiteres Beispiel einer massiv verschatteten Photovoltaikanlage

Die gezeigten Bilder verdeutlichen, dass ein Konflikt besteht zwischen einerseits dem Wuchs der Bäume bzw. allgemein der Vegetation und andererseits der Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen. Letztlich benötigen beide Systeme – Vegetation bzw. direkte Solarnutzung – einen möglichst unbehinderten Zugang zum Sonnenlicht. Bei den gezeigten Beispielen hat derzeit die Vegetation Vorrang. Aber wird dies immer so sein? Die direkte Nutzung der Solarenergie führt automatisch zur Frage welche Art der Energienutzung der Vorrang einzuräumen ist. Das Leben, in Form der Vegetation und der damit auch verbundenen Fauna? Oder die technische Nutzung für Zwecke des Menschen?



Bild 8-31: Wird sich die Vegetation, hier als Heckenrose, den Vorrang gegenüber der Photovoltaikanlage an der Hauswand dauerhaft zurückholen können?

So grün und ökologisch wie mancher vielleicht vermutet, ist letztlich auch die Nutzung der Solarenergie nicht. Denn es besteht hier ein brutaler Konflikt, wer die „Nahrung“ Sonnenlicht für sich nutzen kann. Ist es das Leben in all seiner schöpferischen Vielfalt? Oder ist es der Mensch mit seiner zerstörerischen Gier alles für sich haben zu wollen? Eine Menschheit, die sich dank der Technik, den Vorrang brutal erzwingen kann?

Der Problematik dieser Situation eines vorhandenen Konflikts zwischen Leben und erneuerbarer Energie scheint man sich derzeit noch nicht wirklich bewusst zu sein. Wer wird auf Dauer diesen Kampf gewinnen?

Dass hier wirklich ein Kampf, ja Krieg zwischen unterschiedlichen Lebensformen droht, mögen die Bilder 8-31 bis 8-34 dokumentieren. Die „Aggression“ geht hier zwar nicht vom Menschen aus, sondern von der Pflanze. Aber ist es wirklich Aggression oder versucht das irdische Leben nur eine „Reconquista“? Ist das der Versuch einer Wiedereroberung verlorenen Lebensraumes?

Dass diese Problematik auch Großanlagen bzw. Energieversorger betreffen kann, zeigen die Bilder 8-32 bis 8-34. Seit 2008 initiiert und unterstützt der Klima- und Energiefonds gemeinsam mit dem Ministerium für ein lebenswertes Österreich den Aufbau von E-Mobilitätsmodellregionen. In der Modellregion Großraum Graz liegt der Schwerpunkt auf intelligenten systemischen Mobilitätslösungen, die sowohl die Nutzung von E-Fahrzeugen als auch Formen des Öffentlichen Verkehrs attraktiver machen. Das Fördervolumen beträgt € 1,6 Millionen. [8-10]



Bild 8-32: auch Großanlagen wie hier eine Photovoltaikanlage am Flughafen Graz mit 280 m² Modulfläche können vom Wachstum der Vegetation beeinträchtigt werden

In diesem Zusammenhang hat auch die Energieaufbringung aus erneuerbaren Energie Vorrang. Der städtische Energieversorger Energie Graz hat dazu u.a. am Flughafen Graz eine Photovoltaikanlage errichtet. Diese PV-Anlage liefert lt. offiziellen Angaben eine Leistung von 40 kWp und einen Jahresertrag von ca. 39.000 kWh. Dies entspricht einer jährlichen CO₂-Einsparung von ca. 17.000 kg pro Jahr. Mit dieser Energiemenge könnte ein Elektroauto jährlich ca. 5 Mal den Erdball umrunden. [8-11], [8-12].

Nun die heimische Vegetation hat hier andere Absichten. Sie versucht zwar nicht die Welt zu umrunden aber verlorenes Terrain für sich (wieder) zu erobern. Wie die Bilder zeigen machen sich rankende Gewächse breit.



Bild 8-33: der Bewuchs ist stellenweise schon recht fortgeschritten

Im Film Jurassic Park von Steven Spielberg diskutieren die Fachleute die Sicherheitsvorkehrungen gegen eine ungewollte Ausbreitung der wiedererweckten Dinosaurier. Alle sind sich absolut sicher, dass dies nicht passieren könne.

Dann äußert der Mathematiker und Chaos-Theoretiker Dr. Ian Malcolm seine Bedenken. Am Ende dieser Szene folgt der bezeichnende Satz „das Leben findet immer einen Weg!“

Am Flughafen in Graz hat das Leben an 6 von 21 Solarfeldern, das entspricht 28%, einen solchen Weg gefunden. Ob dieser Ende Oktober 2016 festgestellte „Dornröscheneffekt“ irgendwann dauerhaft ist, wird erst die Zukunft zeigen.



Bild 8-34: das Leben findet immer einen Weg – hier ein Teilausschnitt zum Bewuchs an der Großanlage des städtischen Energieversorgers in Graz

8.4. Der Kampf ums Licht – ein Kampf ums Leben!

Die Wunschvorstellung heute ist, mit gut ausgerichteten Großanlagen Solarstrom zu produzieren und über das bestehende und dafür noch weiter zu optimierende Leitungsnetz zu verteilen. Derartige Solaranlagen erzeugen dann scheinbar ohne Umweltbelastung und Klimaschaden Solarstrom. Denn hier wird Energie direkt aus der Sonne in elektrischen Strom umgewandelt. Keine Atomkraft, keine Verbrennung von fossilen Brennstoffen mehr. Damit keine zusätzliche CO₂-Belastung. Alles ganz sauber, alles ohne Emissionen oder schädlichen Auswirkungen. Die umwelt- und klimaschützende Menschheit glaubt, damit endlich die Endlösung gefunden zu haben. Nun kann man ohne schlechtes Gewissen so viel Energie erzeugen, wie man eben braucht. Daher entstehen zunehmend größere Freianlagen wie die folgenden Bilder 8-35 bis 8-41 zeigen.

Aber stimmt das mit dem reinen Gewissen wirklich? Lassen nicht die vorhergehenden Bilder schon ahnen, dass wir hier ebenfalls in einen Konflikt geraten? Dass hier auch Probleme auftauchen könnten, mit denen wir noch nicht gerechnet hatten? Die wir noch gar nicht berücksichtigt haben?



Bild 8-35 Beispiel einer Großanlage am Rand einer ca. 2.000 Einwohner Gemeinde



Bild 8-36: Eine Großanlage im ländlichen Gebiet, Solarstrom von der Alm sozusagen



Bild 8-37 Großanlage zwischen Autobahn und Rapsfeldern in Bayern



Bild 8-38 Eine Großanlage in den steirischen Bergen, zu der einige weitere Details die „weitreichende“ Problematik verdeutlichen werden



Bild 8-39: Der Blick über die Anlage Richtung Sonne lässt wenig außerhalb des Solarfeldes einige größere Bäume erkennen



Bild 8-40 Selbst der Stacheldrahtzaun zum Schutz der Investition in das Solarfeld ist wehrlos gegen den Schattenwurf einer größeren Gruppe von Nadelbäumen



Bild 8-41: vom Schattenwurf der Bäume am Nachbargrund werden durchaus größere Bereiche der Solarmodule beeinträchtigt

Die Solarlobbyisten wollen mit Großanlagen so den Wohlstand der Menschheit, den Reichtum der Weltgesellschaft organisieren. Dabei vergessen sie allerdings einen Punkt, der immer vergessen wird, wenn Reichtum umverteilt werden soll: wenn man etwas verteilen will, was einem nicht gehört, muss man es vorher jemanden anderem wegnehmen! Das gilt für die Umverteilung über Steuern ebenso wie für die Sonnenenergie. Es ist ein großer und fundamentaler Irrtum, wenn wir Menschen glauben, dass bisher diese Energie ungenutzt blieb. Der Irrtum resultiert wohl daraus, dass man den Energieerhaltungssatz nicht verstanden hat und der Eigentumsbegriff ohnedies nur mehr vage anerkannt ist.

Mag sein, dass dahinter ein prinzipielles Missverständnis der zeitgenössischen Wirtschaftslehre steckt. Diese glaubt durch Gelddrucken und Schuldenproduktion Wohlstand erzeugen zu können. Auch das halten wir für einen fundamentalen Irrtum, der noch zu schlimmsten Verwerfungen führen wird. Auch wenn jene, die von frisch gedrucktem Geld scheinbar profitieren, das vehement abstreiten.

Die Physik allerdings ist unbestechlich. Der Erhaltungssatz ist ein vom Universum vorgegebenes Naturgesetz. Dieses Naturgesetz bleibt vom Einfluss oder der psychischen Verfassung der Menschheit völlig unberührt und gilt immer. Es besagt nichts anderes, als dass die Gesamtmenge konstant bleibt. Wenn wir irgendwo etwas wegnehmen, dann ist es eben dort nicht mehr. Es ist dann woanders. Es wird wo anders und von jemand anderem genutzt.

Dieser „andere jemand“ ist in unserem Fall der Mensch. Er nimmt den Ertrag aus der Sonneneinstrahlung in Form von Strom weg. Er transportiert ihn mit gewissen Verlusten zu seinem Wunschort, um dort diesen Strom (der ursprünglich Sonnenlicht war) für seine Zwecke zu nutzen. Er versorgt damit seinen Fernseher, Computer oder seine Ladegeräte. Eines dieser Ladegeräte versorgt sein Smartphone, um mit Freunden aus aller Welt zu chatten. Dabei nimmt der heutige Mensch den Wald nicht mehr wahr, wenn er mit reinem Gewissen in seinem Elektromobil umweltbewusst von einem Termin zum nächsten hetzt. Aber wo Licht ist, ist auch Schatten. Denn auf der anderen Seite dieser Energiegewinnung gibt es jemanden, dem diese Energie nun fehlt. Darüber scheint sich noch niemand so richtig Gedanken gemacht zu haben. Zu groß ist die Euphorie über die Rettung der Welt durch das menschliche Genie. Daher muss unser nächster Ermittlungsschritt sein, herauszufinden, wem nun was fehlt?

8.5 Wie die „Kleinen“ leiden: die im Dunklen sieht man nicht

Wenn wir Licht dazu verwenden, damit Strom zu produzieren, dann nehmen wir aus der Solarstrahlung Energie weg. Es wird an der Stelle, wo bisher die gesamte Lichtstrahlung und damit Energie vorhanden war, weniger sein. Wissen wir das wirklich nicht mehr? Natürlich weiß man das! Jeder, der schon vor der Hitze einmal in den Schatten geflüchtet ist, weiß das. Das dümmste Rindvieh weicht bei zu starker Sonne irgendwo in den Schatten aus. Denn im Schatten ist es kühler. Es kommt weniger Energie von der Sonne an. Bei Hitze finden wir das angenehm, bei Kälte hingegen sind wir heilfroh über jeden zusätzlichen Sonnenstrahl. Das eigene Befinden wird also ganz massiv vom Energieangebot bestimmt. Wobei für Mensch und Tier die Temperaturverhältnisse relevant sind. Für die Vegetation hingegen Licht auch Nahrung bedeutet bzw. die Energie zur Zuckereinlagerung über die Photosynthese liefert.



Bild 8-42: „Rindsviecher“ sind manchmal intelligenter als Techniker. Im Schatten der „biologischen Solaranlage“ (Obstbaum) ist es definitiv kühler. Das wissen sie ganz intuitiv und ohne sich Gedanken über den Energieerhaltungssatz zu machen

Aber was bedeutet das jetzt beispielsweise für eine Photovoltaikanlage auf der grünen Wiese? Wie viel Energie fehlt dann wirklich? Und wo genau fehlt dann diese Energie? Denn die Wirkungsgrade von Solarzellen beschreiben ja nur, wieviel der eintreffenden Energie in elektrische Energie umgewandelt werden? Das ist die Kenngröße, die uns Menschen ausschließlich interessiert. Wieviel vom Ganzen können wir exklusiv für uns nutzen? Wir rechnen immer unseren Anteil aus, der Gesamtverlust auf der anderen Seite der Bilanz interessiert uns gar nicht.

Der vom Menschen genutzte Anteil ist bei Solarenergie über das Jahr gesehen nur etwa 20%. Meist liegt er sogar noch weiter darunter. Später noch näher zitierte Studien geben für Photovoltaikanlagen derzeit sogar nur 14% an.

Was mit der restlichen Energie aus der Solarstrahlung passiert, interessiert uns genau so wenig, wie die Frage welchen Einfluss unser Tun auf den bisherigen Nutznießer des Lichts hat. Zumindest hat der Autor in drei Jahrzehnten der Energieberatung faktisch nichts darüber von Dritten gehört. Auch sind uns keine Studien dazu näher bekannt.

Also mussten wir uns selber helfen. Letztlich hat „Der Energiedetektiv“ seinen detektivischen Spürsinn, um solchen Fragen näher auf den Grund zu gehen. Nun könnte man sicher lange und umfangreiche Forschungsstudien beginnen, um das herauszufinden. Am besten finanzieren sich solche Studien mit entsprechenden Förderungen aus Mitteln des Steuerzahlers.

Man kann das Wesentliche aber auch ganz einfach selbst herausfinden. Dazu laden wir jeden Leser gerne ein. Denn für die nächsten Ermittlungsschritte am „Tatort Solaranlage“ wählten wir einen ganz einfachen Aufbau. Den kann praktisch jeder nachbauen und unsere Ergebnisse damit recht einfach nachprüfen.

Heute würden wir manches vielleicht etwas anders aufbauen, um noch deutlichere Ergebnisse zu erzielen. Letztlich ging es bei unserer Versuchsanordnung aber nicht um Exaktheit an der letzten Kommastelle. Sondern vielmehr um das Erkennen von Zusammenhängen und den daraus sich ergebenden Konsequenzen.

Wir wollten ja nicht nur eine wissenschaftliche Arbeit schreiben, sondern ganz einfach und praxisbetont den möglichen Problemen und Negativfolgen der Solarnutzung auf die Spur kommen.

Das folgende Bild zeigt die rasch improvisierte Versuchsanordnung. Eine schräg gestellte Fläche repräsentiert eine Solaranlage. Sie unterteilt damit „die kleine grüne Welt“ der Wiese im Umkreis der Anlage in eine Sonnenzone und eine Schattenzone.

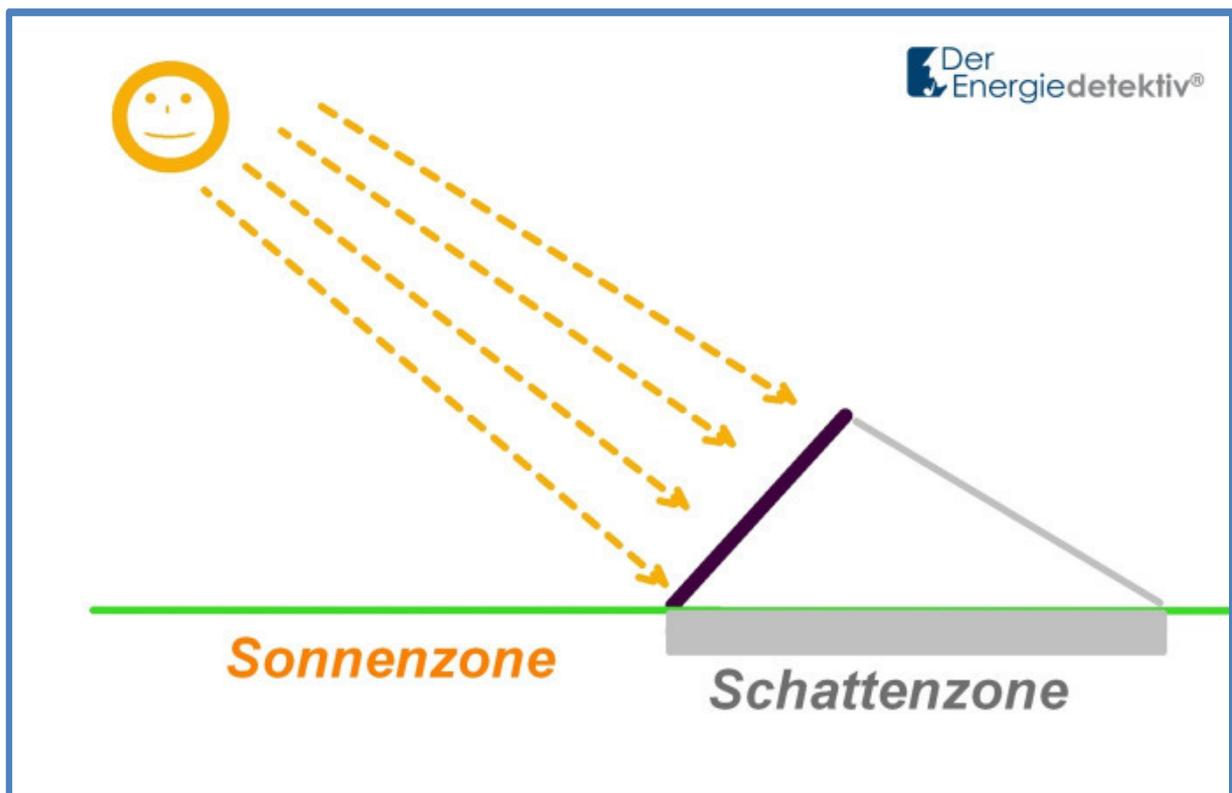


Bild 8-43: Skizze zum Versuchsaufbau

Dazu haben wir eine Solaranlage (z.B. Photovoltaikanlage) einfach mit einer Europalette modelliert. Am besten, sonnigsten Platz in unserer Wiese haben wir diese Holzpalette aufgestellt. Schräg mit einem Winkel von ca. 45 Grad Richtung Südost wurde die „Anlage“ ausgerichtet.

Auf dem verfügbaren Grundstück wäre das die wohl beste Stelle zur Nutzung der Sonnenenergie. Allerdings ist durch den sonstigen Bewuchs am späteren Nachmittag eine nicht zu ändernde Beschattung des gesamten betreffenden Umfelds gegeben.

Die verwendete Holzpalette ergibt eine ganz einfache Holzkonstruktion mit einer Fläche von ca. einem Quadratmeter. Die wurde dann mit einer einfachen Abdeckplane, wie man sie in Haushalt und Landwirtschaft verwendet, bespannt.

Das hatte zwei Gründe: zum einen soll ja der Einfluss der Beschattung auf die Bodenfläche hinter der Solarzelle untersucht werden. Daher muss die Palette so abgedeckt werden, dass sich ein entsprechender Schattenwurf ergibt. Nun ist die verwendete Plane aber nicht ganz undurchsichtig. Sie lässt immer noch ein wenig Licht durch. Da sind übliche Solarzellen meist unbarmherziger. Deren Konstruktion sorgt i.A. dafür, dass die Beschattung höher ausfällt. Ausnahme sind hier jene Anlagen, die man nun auch für Bauverglasungen verwendet und die gleichzeitig sowohl Fenster als auch Photovoltaikanlage sind.



Bild 8-44 mit dieser Holzpalette wurde eine Solaranlage simuliert



Bild 8-45: Dazu wurde die Holzpalette in Sonnenrichtung schräg aufgestellt und mit einer Abdeckplane versehen



Bild 8-46: Bei starkem Sonnenschein sieht man, dass die verwendete Abdeckplane etwas Licht immer noch durchlässt. Solarzellen hingegen sind undurchlässiger

Der zweite Grund für die verwendete Plane ist letztlich auch die Tatsache, dass jede Solaranlage auch wasserdicht ist. Damit wird dann aber dem Boden unter der Solaranlage nicht nur Licht sondern auch das direkte Regenwasser entzogen. Das wollten wir auch in unserem Modell erreichen.

Allerdings ist die Verhinderung von Niederschlag auf den Boden bei einer mit 45 Grad schrägen Fläche von einem Quadratmeter nur gering. Denn hier kommt es durch Oberflächenwasser, aber natürlich auch durch die Fortleitung im Erdreich, zu einer ausgleichenden Verteilung des Niederschlags.

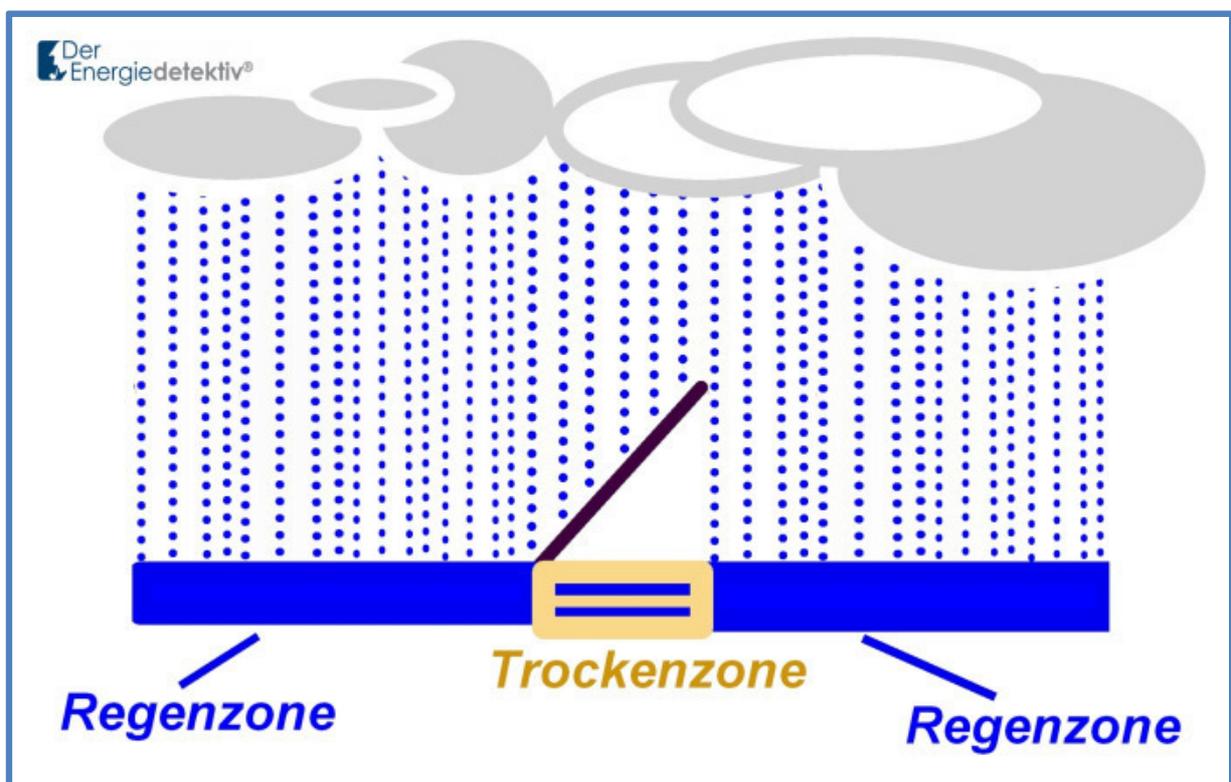


Bild 8-47: Eine Solaranlage führt nicht nur zu Schatten sondern auch zu geänderten Verhältnissen bei Niederschlägen: unter der Solarfläche fehlt der direkte Regen

Unwesentlich dürfte dieser Einfluss des umgeleiteten Regenwassers aber dennoch nicht sein. Denn es landet dann am unteren Teil der modellierten Solaranlage mehr Regenwasser. Hinter der Anlage, im Schattenbereich, kommt es hingegen zu keinem direkten Niederschlag mehr. Das Regenwasser spielt dabei nicht nur zur Bewässerung der Pflanzen eine Rolle. Denn Regenwasser transportiert damit auch Wärme. Insgesamt ist daher zu erwarten, dass dies einen merkbaren Einfluss auf das Kleinklima und ggf. auch auf das Wachstum hat.

Bei Großanlagen im Freiland dürfte dieser Effekt auch nicht zu vernachlässigen sein. So erinnert Bild 8-48 durch den Schattenwurf wohl auch an jene Bereiche, die vom direkten Regenfall nicht erreicht werden dürften. Dafür sind in anderen Bereichen größere Wassermengen gegeben, die dann an der Oberfläche abfließen und sich so verteilen. Besonders deutlich zeigt sich der Einfluss auf die Niederschläge in den Bildern 8-49 und 8-50. Hier wurde im Winter der Schneefall bei unserem Solarmodell dokumentiert.



Bild 8-48: Der Schattenwurf bzw. die belichteten Zonen bei diesem Ausschnitt aus einer größeren Photovoltaikanlage machen auch deutlich, dass der direkte Regenfall auf den Boden ebenfalls geändert ist und es dadurch zu Verschiebungen in der Wasserverteilung kommt

Fehlende Feuchtigkeit des Bodens, die dann zu geringerer Verdunstung führt, ergibt natürlich geänderte Temperaturverhältnisse. Denn die Verdunstung ist ein wesentliches Element der Kühlung des Bodens. Genau das ist ja auch einer der Punkte, der bei versiegelten Böden ohne Vegetation zu einem Temperaturanstieg führt. Ein Effekt der in und um jede größere Stadt merkbar ist. Wir haben den kühlenden Effekt der Vegetation ja bereits weiter oben beschrieben.



Bild 8-49 und Bild 8-50: Der „direkte Kontakt zum Himmel“ ist nicht nur beim Licht verloren gegangen! Der erste Schneefall lässt den Einfluss beim Niederschlag schon deutlich erkennbar werden. Natürlich ist bei Regen ein gleichartiger Effekt gegeben, der nur nicht so klar abgebildet werden kann. Es kommt damit insgesamt jedenfalls zu einer Änderung der Bodenfeuchtigkeit und der damit verbundenen Effekte

Aus all diesen Überlegungen sehen wir bereits, welchen potentiell großen Einfluss eine Photovoltaikanlage auf das Kleinklima in ihrem Bereich haben kann. An unserem, zugegeben sehr einfachem Modell haben wir dann Beobachtungen und Messungen durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Messungen und Analysen waren für uns äußerst eindrucksvoll. Gleichzeitig aber auch durchaus beunruhigend. Denn bis zu diesem Zeitpunkt dachten wir selbst, dass Solarenergie für uns eine sichere Zukunft ohne wesentliche Nebenwirkungen ermöglichen würde.

Nach diesen Messungen und Beobachtungen war die Welt für uns irgendwie eine ganz andere. Seither geht der Autor mit ganz anderen, weiter geöffneten Augen durch die Lande.

Weitere Erkenntnisse kamen und kommen so laufend hinzu. Alle Leser können ihr Wissen und das Gesamtwissen über diese Zusammenhänge auch durch eigene Beobachtungen erweitern.

8.6. Wissen schaffen durch beobachten und messen

Aus den soweit zuerst nur rein theoretischen Überlegungen konnten wir also schon zumindest zwei wesentliche Faktoren vermuten, die zu einer Veränderung des Kleinklimas im Bereich der Solaranlage führen müssten

- Behinderung (Verhinderung) des Lichteinfalls führt zu Schatten und geringerer Energiezufuhr für den betroffenen Boden- und Pflanzenbereich
- Behinderung (Verhinderung) des Niederschlags führt zu geänderten Verhältnissen in Zusammenhang mit der Wasserbilanz am und im Boden (Feuchtigkeit, Temperatur, Leitfähigkeit etc.)

Bei den weiteren Messungen wurde allerdings vorerst die Bodenfeuchtigkeit nicht genauer berücksichtigt. Uns ging es zu Beginn vor allem um die Frage der Lichtverhältnisse in Zusammenhang mit der Vegetation. Denn diese primäre Frage betrifft am direktesten die Energiebilanz und damit den Energieerhaltungssatz.

Die von uns gewonnenen Ergebnisse kann prinzipiell jeder nachvollziehen. Denn die Messung von Temperaturen und Lichteinfall kann auch ein Laie recht einfach durchführen. Nur zwei Messgeräte sind erforderlich: ein Luxmeter und ein Einstichthermometer. Derartige Messgeräte kosten etwa um 100 € und reichen aus, um die wesentlichen Zusammenhänge zu erkennen.

Jeder Leser kann daher die hier gemachten Aussagen auf recht einfache Art und Weise mit einem eigenen Modellversuch überprüfen. Damit ist es jedermann möglich nachzuprüfen, ob unsere Aussagen berechtigt sind oder nicht. Niemand muss sich dabei auf Expertenmeinungen verlassen, sondern kann selbst die Kernaussagen prüfen. Dazu fordern wir die Leser dezidiert auf. Denn nur mündige Bürger werden in der Lage sein, verantwortungsvolle Entscheidungen in Zusammenhang mit der Klimadebatte zu treffen.

Gemessen wurden nun von uns vorerst die Bodentemperatur, die Lufttemperatur und die Beleuchtungsstärke. Diese Messwerte wurden jeweils vor und hinter der als Modell aufgestellten Solaranlage an genau definierten (markierten) Punkten erfasst. Die Werte wurden damit jeweils im Sonnenlicht bzw. im Schatten gemessen. Es

befanden sich die Messpunkte dabei in gleichem Abstand vor und hinter der Basislinie am Boden. Die Bodentemperatur wurde an diesen Stellen in einer Tiefe von 10 cm ermittelt. Die Beleuchtungsstärke wurde direkt an der Bodenoberfläche gemessen. Während der ersten Messungen gab es Anfang Juli eine kleinere Hitzewelle. Diese war weitgehend ohne Regen. Es wurde zunehmend trockener und wir mussten im Garten unser Gemüse öfters am Morgen gießen.

Das folgende Bild 8-51 zeigt die Lufttemperatur im Schatten über 2 Tage. Diese schwankt im Beobachtungszeitraum zwischen etwa 17 und 30 Grad. In der Nacht sinkt die Temperatur und tagsüber wird sie durch Bewölkung und zusätzlichen Schattenwurf von Bäumen beeinflusst.

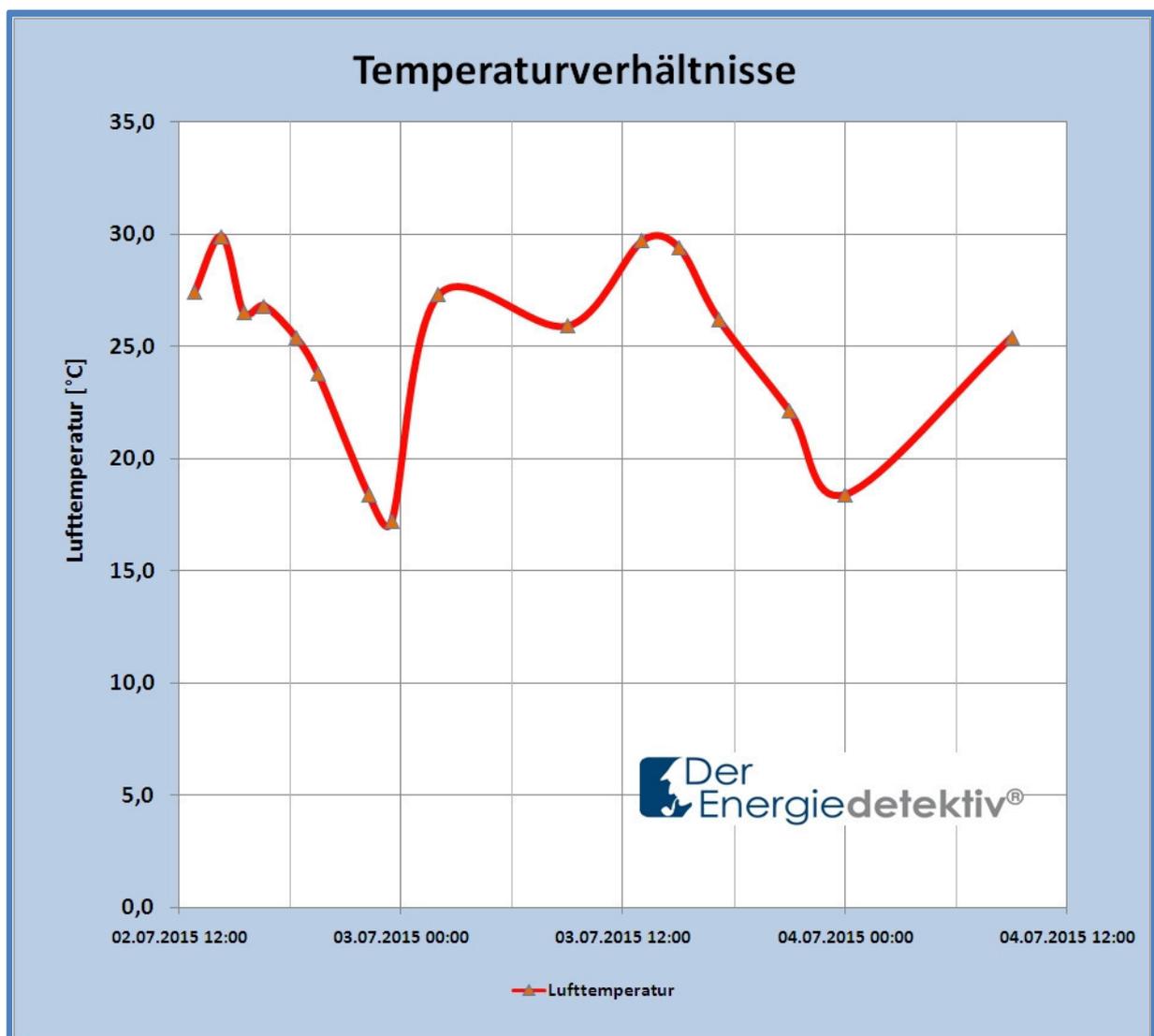


Bild 8-51: Lufttemperatur während zweier Tage im Sommer 2015

Das nächste Bild zeigt dann die Bodentemperatur. Gemessen wurde die Temperatur, wie erwähnt in der Sonne und im Schatten. Die beiden definierten Messpunkte hatten einen Abstand von 100 cm. Sie lagen 50 cm vor der Bodenlinie des Modells in der Sonne bzw. 50 cm hinter der Bodenlinie im Schatten. Wichtig ist hier, dass die Temperaturmessung nicht direkt an der Oberfläche erfolgte, sondern in 10 cm Tiefe im Erdreich.

Trotz des ausgleichenden Effekts der Wärmeleitung im Boden und trotz des geringen Abstands von nur 100 cm zwischen den beiden Messpunkten zeigt sich in Bild 8-52 ein deutlicher Unterschied der Temperaturen. Dieser Unterschied ist durchaus beachtlich und ist im nächsten Bild 8-53 dargestellt.

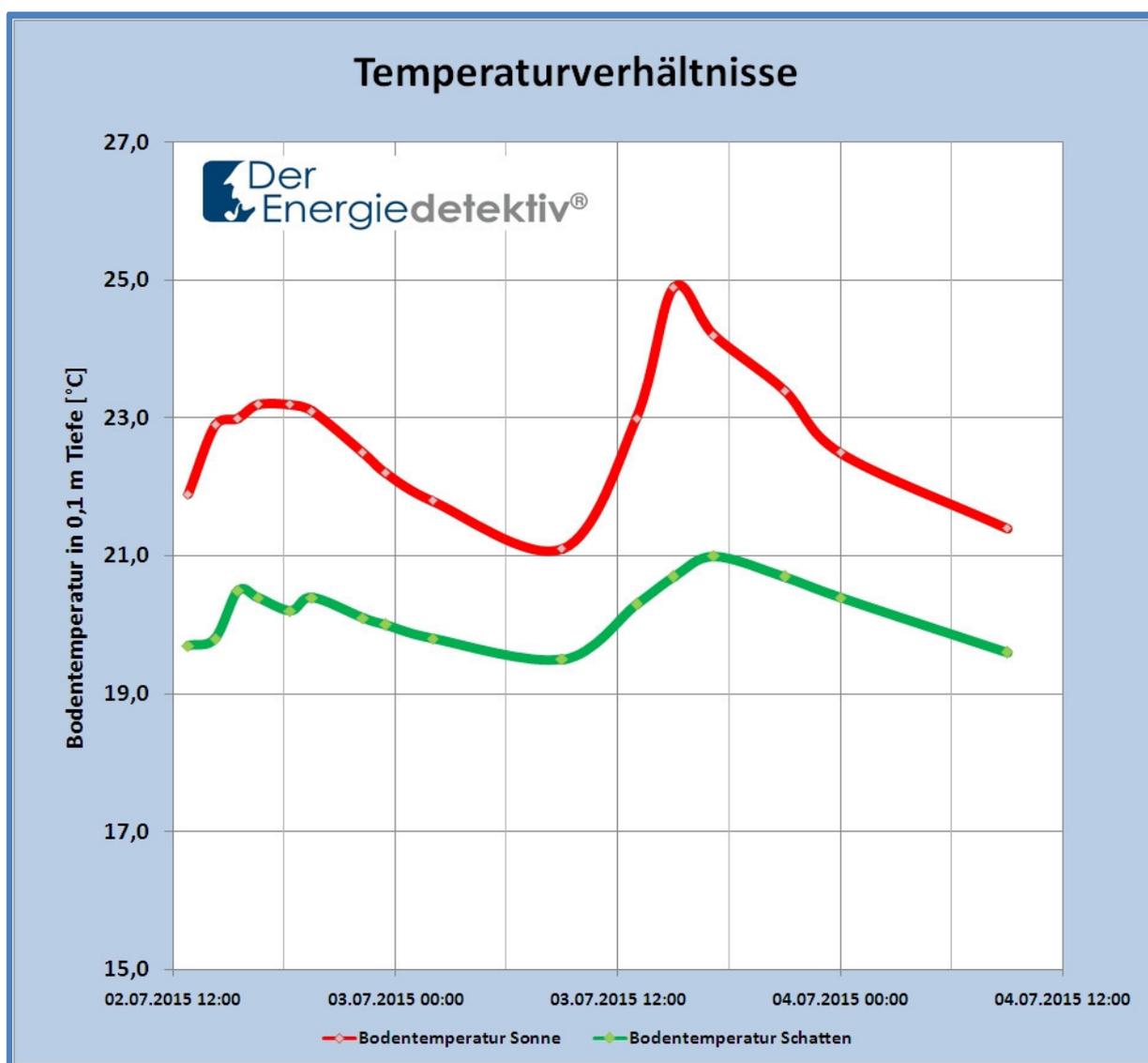


Bild 8-52: Die Bodentemperatur in der Sonne und im Schatten

Die Differenz der beiden Temperaturen liegt immerhin zwischen 1,6 und 4,2 Grad. Über den gezeigten Messzeitraum lag der mittlere Temperaturunterschied immerhin bei 2,575 Grad.

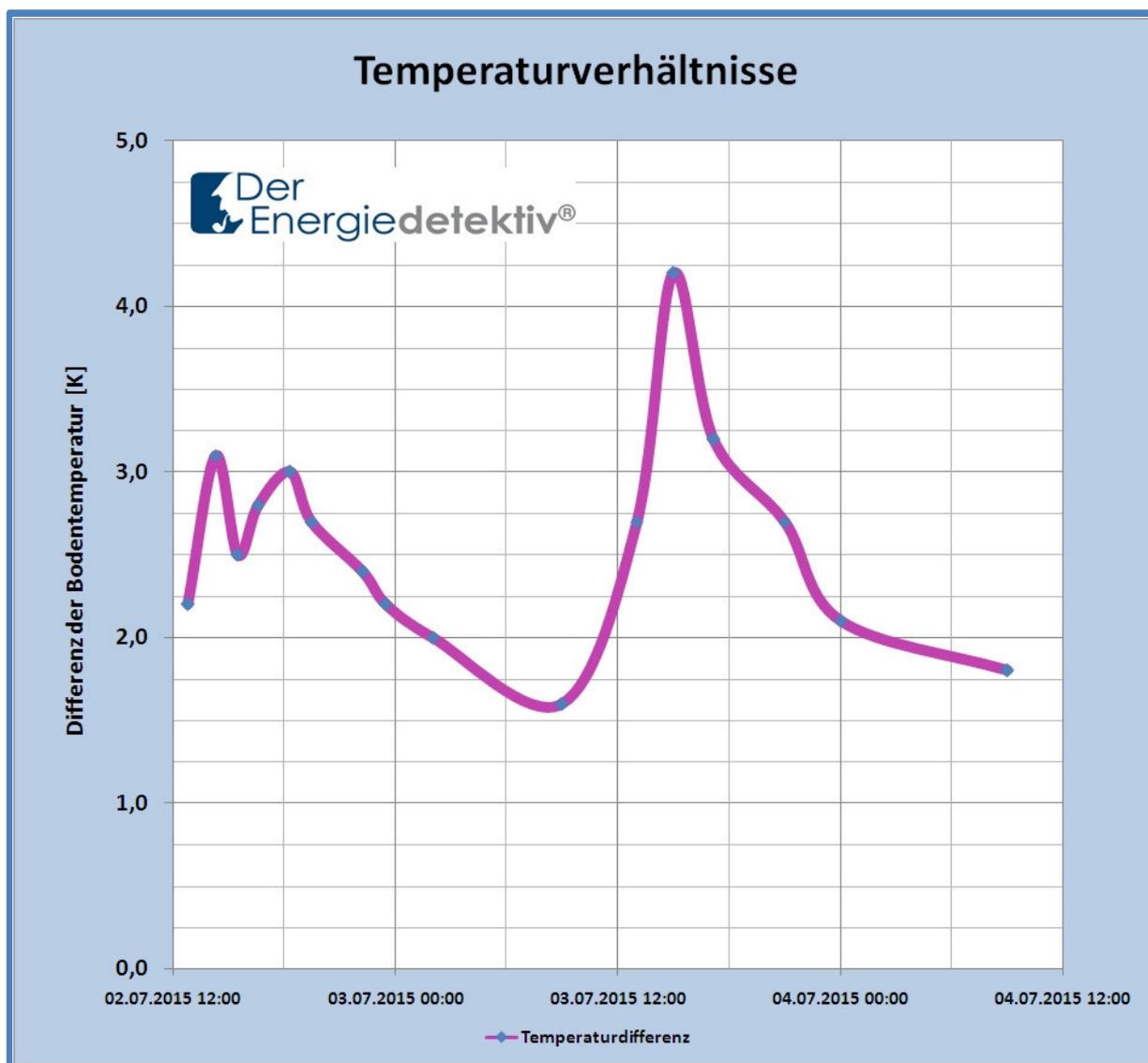


Bild 8-53: Der Temperaturunterschied im Boden zwischen Sonnen- und Schattenbereich. Er betrug am Tag bis zu 4,2 Kelvin, aber auch in der Nacht zumindest 1,6 Kelvin

Während wir in diesen Bildern bisher die Bodentemperatur im Erdreich in einer Tiefe von 10 cm ermittelt haben, zeigt Bild 8-54 eine Infrarotaufnahme. In diesem Wärmebild sind die Temperaturdifferenzen an der Oberfläche farblich erkennbar. Hier liegt an einem Vormittag die mittlere Temperatur im markierten Bereich vor dem Solarmodul bei 28,6°C und im Schatten bei 23,3 °C. Somit sind oberflächlich zu diesem Zeitpunkt Temperaturunterschiede von immerhin 5,3 Kelvin gegeben.

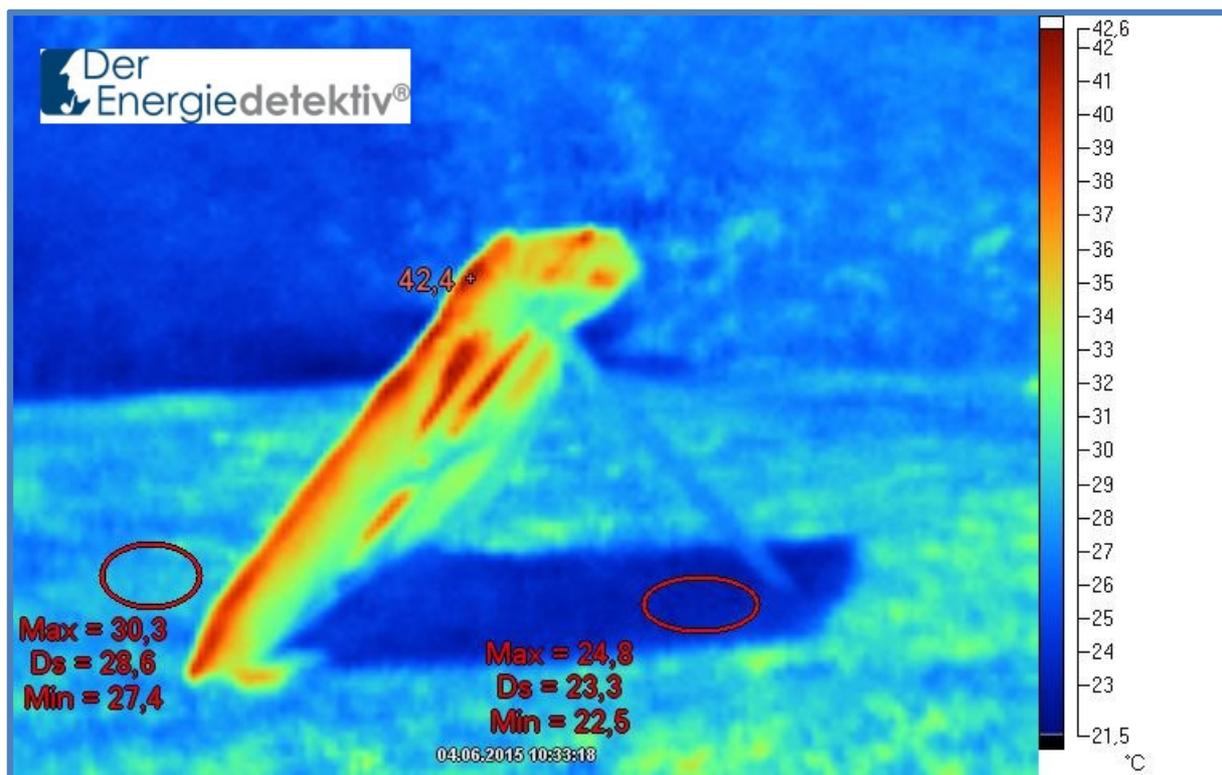


Bild 8-54 Das Wärmebild zeigt in den markierten Feldern die unterschiedlichen Oberflächentemperaturen. Hier ergibt sich eine Differenz von 5,3 Kelvin

Aus all diesen Daten kann man schon erkennen, dass der Schatten einer solchen Anlage auf den Boden einen bemerkenswerten Einfluss hat. Selbst auf einer geringen Entfernung von nur einem Meter zwischen den Messpunkten wird damit das Kleinklima in 10 cm Tiefe des Bodens geändert. Der Unterschied verringert sich während der Nachtstunden. Er bleibt aber dennoch erhalten und beträgt zumindest 1,6 Kelvin. Das von uns verwendete Messgerät ist ein Präzisionsthermometer mit einer Grundgenauigkeit von 0,1 °C.

In den Nachtstunden fehlen die Sonneneinstrahlung und der damit hervorgerufene Unterschied in der Energieversorgung. Es kommt offenbar zu einem Ausgleich zwischen den unterschiedlich erwärmten Bodenbereichen während der Nachtstunden. Diese ausgleichende Wirkung erkennt man in der abnehmenden Temperaturdifferenz in den Bildern 8-52 bzw. 8-53.

Nach Sonnenaufgang kommt es dann wieder zu einem Anstieg der Temperaturdifferenz. Allerdings erfolgt dieser Anstieg mit einer gewissen Verzögerung gegenüber dem Sonnenaufgang. Im sonnenseitigen Erdreich steigt

danach die Bodentemperatur auch in 10 cm Tiefe relativ rasch an. Im Schattenbereich hingegen ist dieser Anstieg der Temperatur dann wesentlich weniger deutlich ausgeprägt.

Aus der sehr einfachen Messung der Bodentemperatur zeigt sich also ganz klar, dass es zu dramatischen Änderungen im Kleinklima um das Solarmodell kommt. Hier sei nochmals auf die mittlere Temperaturdifferenz von ca. 2,6 Grad hingewiesen. Man könnte nun polemisch sagen, dass wir mit Solaranlagen die Klimaveränderung unter 2 Grad halten wollen. Tatsächlich provoziert aber bereits die Solaranlage, die helfen soll dieses Klimaziel zu erreichen, eine höhere Änderung des Klimas.

Dass eine derartige Änderung des Kleinklimas um die Solaranlage nicht ohne weitere Konsequenzen bleiben kann, ist natürlich logisch. Das untermauern dann auch die weiteren Messungen. Denn noch dramatischer sind die Ergebnisse bei der Messung der Beleuchtungsstärke. Nun kann man fragen, was soll daran dramatisch sein, dass es im Schatten weniger Licht gibt? Das weiß doch jedes Kind.

Klar, wir haben ja früher schon genau auf das hingewiesen. Aber wir sollten uns hier nochmals in Erinnerung rufen, dass Licht auch Energie ist. Und zwar Energie, die die Pflanzen auch direkt versorgt. Licht ist Nahrung für die Pflanzen. Diese Pflanzen können die Sonnenenergie zwischenspeichern und sind dann wieder Nahrung für Mensch und Tier. Denn die Sonnenstrahlung erwärmt nicht nur die Umgebung. Sondern sie bestimmt auch die Nahrungsversorgung allen Lebens auf Erden!

Diese Nahrungsversorgung ist damit direkt abhängig von der verfügbaren Energie. Besonders interessant ist daher das Verhältnis der Beleuchtungsstärke um das Solarmodell. Diese Beleuchtungsstärke ist ein Maß für den Lichtstrom pro Flächeneinheit und wird in Lux angegeben. Der Ordnung halber sei noch darauf hingewiesen, dass wir bei den Messungen ein spezielles Luxmeter verwendet haben, das der Lichtquelle „Tageslicht“ entspricht und diesem Lichtspektrum entsprechend die Messung durchführt. Das folgende Bild 8-55 zeigt nun den starken Unterschied der Beleuchtungsstärke am Boden. Dabei gibt die orangefärbige Linie die Beleuchtungsstärke in der Sonne vor der Solaranlage und die grüne Linie jene im Schatten hinter der Solaranlage an. Aus dem Bild ist sofort erkennbar, wie dramatisch hoch der Unterschied zwischen den beiden Werten ist.

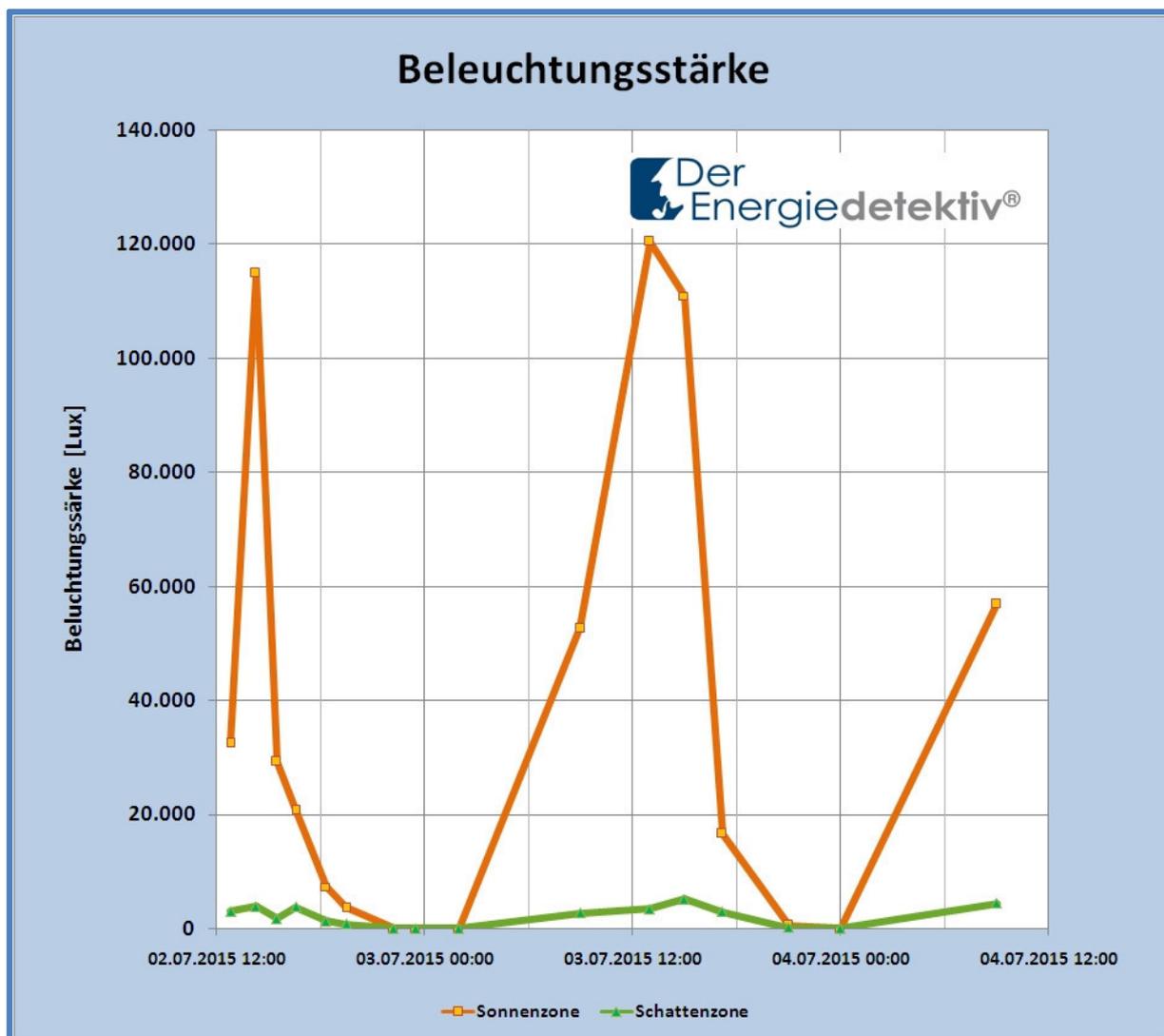


Bild 8-55: Verlauf der Beleuchtungsstärke in der Sonnen- und in der Schattenzone

Der Verlauf der beiden Linien hängt klar mit der Uhrzeit und damit dem Sonnenstand zusammen. In der Schattenzone bleibt die Beleuchtungsstärke ganztags recht niedrig und erreicht im besten Fall gerade einmal ca. 5.100 Lux. Der Maximalwert in der Sonnenzone lag hingegen bei maximal 120.400 Lux. Das ist beinahe das 24-fache des Werts im Schatten. Wesentlich für den Einfluss der Beschattung ist nun der Unterschied zwischen den beiden Beleuchtungsstärken. Denn dies ist dann jene Energie, die den Pflanzen und dem Boden im Bereich der Schattenzone fehlt. Das ist nun im folgenden Bild 56 dargestellt.

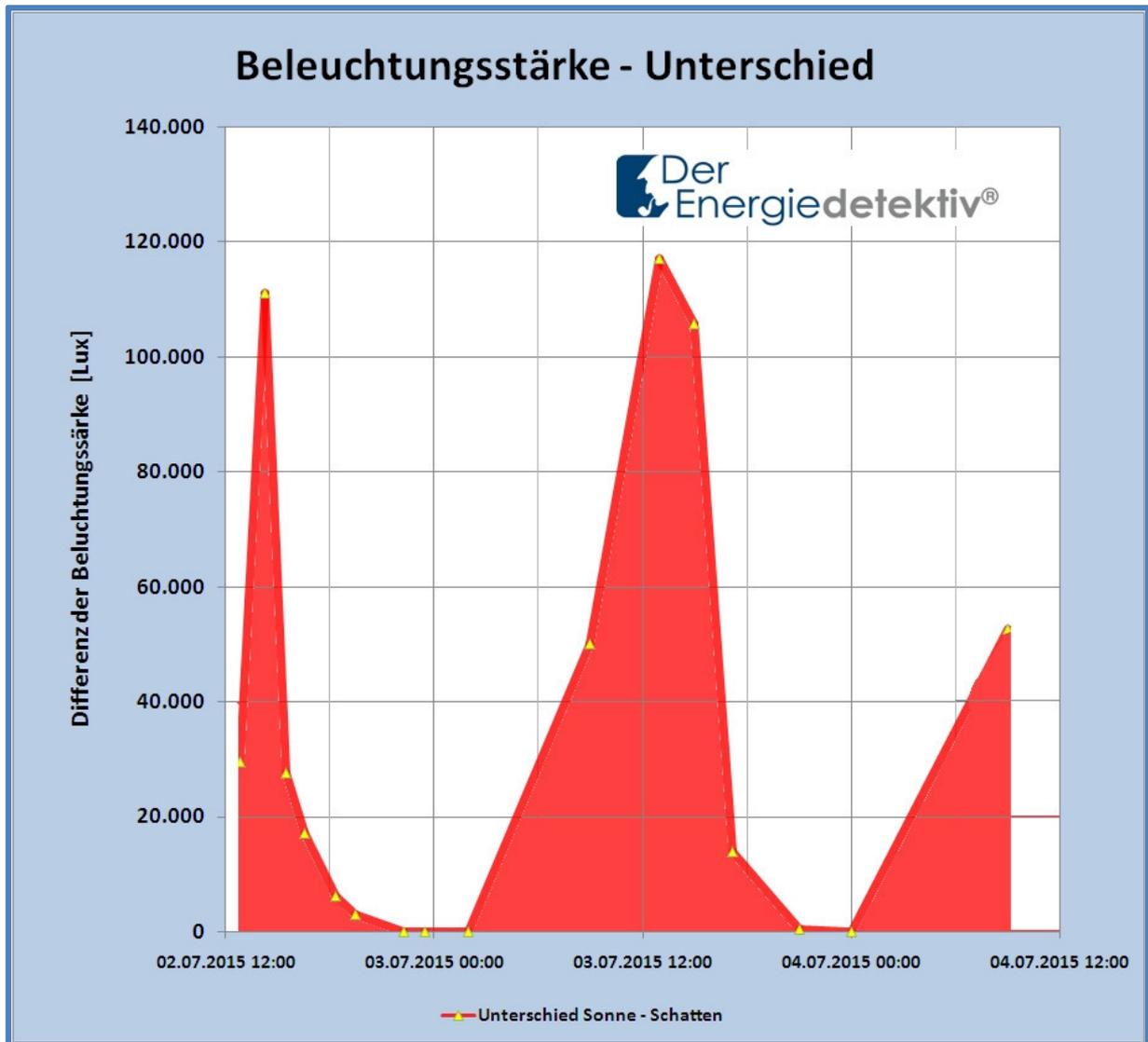


Bild 8-56: Unterschied zwischen der Beleuchtungsstärke im Schatten und in der Sonne. Die Fläche unter der Linie entspricht der Energiemenge, die im Schattenbereich fehlt. Sie ist damit ein Maß für die fehlende Nahrung der Pflanzen

Bei diesem Diagramm haben wir die Fläche unter der Linie färbig dargestellt. Denn diese Fläche ist sozusagen das Integral der fehlenden Beleuchtungsstärke. Die färbig markierte Fläche entspricht damit der fehlenden Energiemenge im Beobachtungszeitraum. Es ist dies also jene Lichtnahrung, die nun den Pflanzen im Schattenbereich vorenthalten wird.

Man kann dies natürlich für die vorhandenen Messwerte auch in Zahlen ausdrücken: der Boden im Schattenbereich erhielt nur etwa 5,7% jener Energiezufuhr, die im Sonnenbereich verfügbar war.

8.7 Solare Zwischenbilanz

Wir wollten wissen, was passiert mit der Umgebung, wenn wir „erneuerbare Energie“ in einer Solaranlage nutzen. Die Ausgangsfrage für uns war, ob das wirklich für unsere Umwelt so völlig harmlos und ohne negative Effekte ist, wie dies gerne dargestellt wird?

Dabei ist hinzuzufügen, dass wir selbst über viele Jahre uns keinerlei Gedanken dazu gemacht haben und vorbehaltlos Solarenergie als mögliche Energiequelle empfohlen haben. Erst unterschiedliche Beobachtungen direkt bei technischen Solaranlagen und in der Natur haben uns dazu geführt näher nachzuforschen.

Die Ergebnisse unserer Messungen sind sehr klar und unmissverständlich. Sie unterstützen und beweisen dabei das, was auch die theoretischen Überlegungen schon vermuten ließen. Die direkte Nutzung der Solarenergie kann nicht ohne Auswirkungen auf die Umwelt und das Klima bleiben.

Unsere Messwerte zeigen nun, dass sowohl das Kleinklima als auch die Nahrungsversorgung für Pflanzen im Umfeld der Solaranlage massiv geändert werden.

Änderung des Kleinklimas im Schatten des Solarmoduls

- Temperatur durchschnittlich 2,6 K niedriger
- Beleuchtungsstärke/Nahrungsversorgung für Pflanze 94,3% geringer

Zum Kleinklima ist festzuhalten, dass die Bodentemperatur jedenfalls deutlich beeinflusst wird. Im hier dargestellten Zeitraum war die Bodentemperatur im Schattenbereich durchschnittlich um ca. 2,6 Kelvin niedriger als im Sonnenbereich. Dies war im Hochsommer bei klarem Himmel der Fall. Allerdings blieb der Unterschied auch in der Nacht weitgehend bestehen. Direkt an der Oberfläche sind die Temperaturunterschiede größer.

Hinsichtlich der Nahrungsversorgung zeigen die Messwerte der Beleuchtungsstärke einen noch deutlicheren Unterschied. Im dargestellten Zeitraum war im Schatten nur ca. 5,7% jener Lichtmenge vorhanden, die im Sonnenbereich auf den Boden traf. Das bedeutet, dass im Schattenbereich des Solarmodells 94,3% der Lichtnahrung für Pflanzen fehlen!

Beide Messreihen zeigen damit ganz klar den Einfluss der fehlenden Sonnenenergie am Boden hinter unserem Solarmodell. Aber was heißt das jetzt konkret? Was macht das wirklich aus, wenn der Boden im Schatten kälter bleibt? Was macht es aus, wenn im Schatten eben weniger Licht ist?

8.8 Hunger und Tod entstehen, wenn ein anderer alles haben will

Wir haben durch unser Experiment gesehen, dass sowohl der Regen (bzw. der Niederschlag) als auch der Lichteinfall durch eine Solaranlage beeinflusst werden. Damit ist das Leben am Boden unter einer Solaranlage massiv betroffen. Auch wenn man das am ersten Blick vielleicht nicht wirklich erkennen kann. Erst längere Beobachtungen und Messungen haben dies für uns geklärt.

Bei genauerer Beobachtung kann man aber dann die Symptome der Änderung des Kleinklimas, ja auch des Hungers der Natur erkennen. Die Temperaturverhältnisse wurden weiter oben dokumentiert und dargestellt. Ein Temperaturunterschied von ca. 2,6 Kelvin mag uns Menschen gering erscheinen. Er kann aber auch für uns zwischen Behaglichkeit und Unbehaglichkeit entscheiden. Machen wir dazu ein Gedankenexperiment:

Stellen Sie sich vor, Sie sitzen in Ihrem Wohnzimmer. Sie genießen das Abendessen oder ein gutes Buch. Die Raumtemperatur hat angenehme 20°C. Aber plötzlich dreht wer die Heizung ab. Die Raumtemperatur sinkt auf 17,4°C. Jetzt wird es ungemütlicher, jetzt wird Ihnen kalt beim Essen oder Lesen. Aber das Lesen müssen Sie nun ohnedies vergessen. Denn gleichzeitig wurde auch das Licht abgedreht.

296

Ungefähr so dürften sich Lebewesen fühlen, die sich plötzlich im Schatten unseres Solarmodells befinden. Aber dieser Unterschied mag nicht nur eine Frage der Behaglichkeit oder des Wohlstands sein. Derart geringe Unterschiede entscheiden in der Natur zwischen Leben oder Tod. Zum Beispiel dann, wenn es um die Frage der Frostgrenze geht.

Dass diese zumindest zeitweise genau durch den Schattenwurf entschieden wird zeigen die folgenden Bilder 8-57 und 8-58. Sie entstanden im Herbst 2015. Am Vormittag zeigt sich deutlich der Unterschied durch die Frostbildung. Dort wo Schatten ist, ist auch Frost gegeben. Dort wo die Sonne hinkommt ist hingegen kein Frost.



Bild 8-57, 8-58: Der Schatten des „Solaranlagenmodells“ entspricht hier auch exakt der Frostgrenze, wie anhand der Eiskristalle des Raureifs erkennbar wird

Frost oder kein Frost? In kritischen Augenblicken entscheidet diese Frage über Leben oder Tod. Nur ein aktuelles Beispiel dafür: im Frühjahr danach kam es gerade zur Blütezeit der Obstbäume und der Weinreben zu einem massiven Frostereignis in unserer Heimat. Die Ergebnisse waren fürchterlich. Wir haben in unserem eigenen

Tatort Solaranlage

Garten fast Tränen geweint, als wir die Schäden sahen. Noch schlimmer aber ist es für jene Landwirte, die davon leben müssen. Mancher Bauer musste in der Folge um seine Existenz bangen. Die lokale Tageszeitung berichtete von einem Gesamtschaden von 213 Mio. EUR alleine nur im Bundesland Steiermark [8-13]:

...Alle Obstarten von Kern- über Beeren-, Stein- bis hin zu Schalenobst sind schwer geschädigt oder haben einen Totalausfall. Die Hauptkultur Äpfel mit mehr als 5.700 ha ist im Schnitt zu mehr als 90% zerstört..... Aufgrund der schwierigen Marktsituation der vergangenen Jahre ist die Lage im steirischen Obstbau besonders dramatisch - die Folgen dieser Katastrophe sind für viele Obstbaubetriebe existenzbedrohend.

... Von den rund 4.500 ha Rebfläche wurde auf mehr als 4.400 ha ein Schädigungsgrad von über 90% gemeldet. Die steirischen Weinbauern werden voraussichtlich bestenfalls eine Miniernte einfahren, die massive und langjährige Auswirkungen auf die Weinvermarktung haben wird. Es bleibt die Hoffnung, dass die noch gesunden Beiaugen geringe Traubenmengen tragen können.



Bild 8-59: Frostschaden an unserem eigenen Maulbeerbaum. Die Vorjahre hatte er brav Früchte getragen, an nur einem frostigen Tag verlor er dann sein Leben

Binnen weniger Stunden wurde so die Ernte für ein ganzes Jahr vernichtet. Das hat Folgen für alle rund um die geplante Ernte. Die Weinernte beispielsweise fehlt nicht nur dem Winzer, sondern auch dem Weinhändler und letztlich dem Weingenießer. Der Keller bleibt dann leer. Darüber macht sich der Mensch Gedanken, darüber berichtete man auch noch im Herbst unter dem Titel „Kein Weinvorrat“ [8-14].

Was man aber meist nicht bedenkt ist, dass nicht nur die Pflanze geschädigt war und damit die Ernte für die Menschen fehlt. Sondern, dass auch die Nahrung für viele andere große und kleine Lebewesen fehlt. Das beginnt bei den Läusen, die an einem erfrorenen Blatt natürlich auch keinen Zuckersaft saugen können und geht bis zu den Früchten für Vögel oder Kleinsäuger. Gleichzeitig mit unserem Maulbeerbaum waren im Frühjahr alle Nussbäume in unserer Gegend vom Frostscha den betroffen. In der näheren Umgebung gab es keinen einzigen Nussbaum in diesem Jahr, der Nüsse gebracht hätte. Diese Nüsse fehlen dann den Vögeln ebenso wie den Eichhörnchen.

Eine kleine Temperaturänderung kann daher das Aus nicht nur für eine einzelne Pflanze bedeuten. Stattdessen sind auch viele, viele andere Lebewesen davon betroffen.

Die geänderten Temperaturverhältnisse um eine Solaranlage müssen nun natürlich auch eine Auswirkung auf das Leben am und im Boden haben. Die Vegetation, aber wohl auch die Bodenlebewesen werden durch den Schattenwurf und die damit geänderten Temperaturverhältnisse beeinflusst. Davon können wir mit Sicherheit ausgehen. Es fällt uns nur nicht auf, wir denken nicht einmal daran. Aber dennoch wird der Lebensraum rund um diesen Bereich vielseitig betroffen.

Eine noch wichtigere Rolle als die Bodentemperatur spielt das Licht im Umfeld der Solaranlage. Was heißt der gemessene Lichtmangel in Zusammenhang mit der Ernährung für das Leben unter der Anlage? Wir haben ja den Unterschied in der Beleuchtungsstärke gesehen. Die Nutzung der Sonnenstrahlung in einer Solaranlage bedeutet, dass nur mehr ein Teil des Lichts als „Nahrung“ für die Pflanzen zur Verfügung steht. Unsere Modellmessungen an Frühsommertagen zeigten, dass nur ein Zwanzigstel des normalen Sonnenlichts im Schatten vorhanden war.

Letztlich ist das eine Hungerkur für jede Pflanze. Stellen Sie sich als Mensch vor, wenn Sie auf Dauer fasten müssten. Wenn Sie nur mehr 5% ihrer gewohnten Nahrung bekommen?

Als Richtwert für einen erwachsenen Mann wird eine Energiezufuhr von 3.000 kcal pro Tag angegeben. Was würde mit diesem Mann passieren, wenn er nur mehr 5,7% der bisherigen Nahrung erhält? Wenn er von 3.000 kcal auf 170 kcal herabgesetzt wird. Das entspricht einer Semmel mit 4 Gramm Butter. Das ist alles, was dieser Mann in Zukunft pro Tag bekommt.

Wenn er allein davon leben muss, dann werden sich bald Hunger und Mangelerscheinungen einstellen. Können wir das auch bei den Pflanzen feststellen? Nun sehen Sie sich bitte die nächsten Bilder an.

Unsere Wiese wird zwar periodisch gemäht. Aber wir lassen die Pflanzen relativ hoch aufkommen und auch blühen. Dies weil ein wilder blühender „Unkrautrasen“ uns alle mal schöner erscheint als ein englischer Golfrasen. Das Wort Unkraut ist letztlich eine menschliche Erfindung. Wir denken oft, das mit Gift massiv bekämpfte Unkraut hätte ganz recht unsere Spezies Mensch dann besser als Unmensch zu bezeichnen.

Als wir das Solarmodell aufstellten, haben wir auch ein absolutes „Mähverbot“ im Umkreis des Versuchsfeldes verfügt. Denn bewusst wollten wir den Einfluss auf die Vegetation verfolgen. Die weiteren Bilder dokumentieren das. Anfangs ist nicht allzu viel zu bemerken gewesen. Die Messwerte zeigten uns zwar den massiven Lichtunterschied.

Der genauere Blick offenbart dann aber erst den wirklichen Unterschied. Im Kernschatten nahe dem unteren Ende der „Solarfläche“ erkennt man deutlich den schwächeren Bewuchs. Dies trotz der nicht absoluten Lichtundurchlässigkeit der Folie.



Bild 8-60: Um das Solarmodell wächst anfangs viel Rotklee in der Wiese.



Bild 8-61: In der geänderten Farbdarstellung wird der Schattenwurf deutlich



Bild 8-62: Im Kernschatten des Solarmodells ist keine blühende aber auch keine höhere Pflanze festzustellen.

Das Bild 8-62 zeigt ganz klar, dass hier etwas Sonnenlicht immer noch durchscheint. Im Kernschatten blüht aber nichts mehr. Im sonstigen Schattenbereich sind durchaus auch blühende Pflanzen festzustellen. Aber man sieht sofort den Lichtmangel in der Entwicklung der Pflanze. Der Wuchs erinnert an den Lichthunger von zu früh entwickelten Jungpflanzen, die man im Wohnzimmer oder Gewächshaus aufzuziehen versucht.

An den Pflanzen werden die Mangelerscheinungen bei den laufenden Beobachtungen auch rasch deutlich. Eine im Schatten wachsende Pflanze versucht verzweifelt an mehr Nahrung heranzukommen. Genauso wie jeder Mensch oder jedes Tier bei Unterernährung versucht, dies zu ändern, macht es auch die Pflanze. Sie mobilisiert alle Reserven um an den Nahrungstopf, bzw. in unserem Fall an das Licht heranzukommen.

Sehr deutlich zeigt das der Vergleich beim Rotklee. Im Schattenbereich versucht eine Rotkleepflanze verzweifelt hochzuwachsen. Sie will so doch noch an Licht und Nahrung kommen. Jeden Tag beobachtet der Autor die Pflanze und drückt ihr beide

Daumen. Aber dieser Klee schafft es nicht! Der Autor verzweifelt fast mit ihm, als der Stiel den Blütenkopf nicht mehr tragen kann und sich umbiegt. Damit ist jede Hoffnung für den Klee verloren, das rettende Licht doch noch zu erreichen. Die Spuren der Unterernährung sind im Vergleich zu einem gleichartigen Klee, der im Sonnenlicht wachsen durfte deutlich in den Bildern 8-63 und 8-64 erkennbar.



Bild 8-63: Dieser erste rasche fotografische Vergleich verdeutlicht den verzweifelten Versuch der von Hunger getriebenen Pflanze (rechts) ans rettende Licht zu kommen. Die Pflanze aus dem Sonnenbereich (links) ist deutlich stärker und kürzer

Mit einer Mikrometerschraube vergleichen wir dann den Stieldurchmesser. Pflanzen, die in der vollen Sonne aufwachsen konnten sind deutlich niedriger, aber der Stieldurchmesser ist 6 bis 7-mal stärker. Auch das Gewicht zeigt einen deutlichen Unterschied. Allerdings konnten wir dieses leider für genauere Angaben nicht ausreichend genau messtechnisch erfassen. Die vorhandene Digitalwaage im Grammbereich reicht hier leider nicht für Messungen bei einzelnen Pflanzen.



Bild 8-64: Wenn Pflanzen hungern: Vergleich zwischen Pflanzen aus dem Sonnenbereich (unten) und der lichthungrigen Kleepflanze aus dem Schatten (oben)

Für uns war damit eigentlich schon deutlich bewiesen, dass unsere Grundannahme stimmte. Aufgrund des Energieerhaltungssatzes ist es völlig klar, dass die Entnahme von Solarenergie aus dem Strahlungsfeld der Sonne nicht ohne Konsequenzen auf andere Nutzer bleibt. Dies wollten wir mit unserem Modellversuch selbst beobachten und dokumentieren. Die Pflanzen haben uns bei diesem Versuch ihren Hunger deutlich erkennen lassen. Die hier vorgestellten Ergebnisse aus den ersten Monaten der Beobachtung machen das sichtbar. Es war damit bald evident, dass die Nutzung der Solarenergie zum Schaden jener Lebewesen erfolgt, die bisher von dieser Sonnenenergie lebten.

In den folgenden Monaten wurde die Entwicklung weiter verfolgt. Besonders spannend wurde die Entwicklung nach dem Winter. Die alten Pflanzen waren oberirdisch abgestorben und das Leben begann von neuem. Wir zeigen die Entwicklung der Vegetation im nächsten Jahr anhand der Bilder 8-65 bis 8-71.

Im April blüht unsere Wiese mit tausenden gelben Löwenzahnblüten. Dann kommt für uns schon die erste Zeit der Ernte. Denn wir bekämpfen dieses „Unkraut“ nicht. Stattdessen essen wir es! Die Herrin des Hauses macht anfangs wunderbaren Salat aus den Löwenzahnblättern. Später dann werden die gelben Blütenköpfe gesammelt und zu „Löwenzahnhonig“ verarbeitet: ein dickflüssiger Sirup aus hunderten gelben Blütenblättern mit wunderbarem Geschmack. Am Ende der Saison werden dann noch einige Wurzeln ausgestochen, getrocknet und im Winter in speziellen Teemischungen genutzt.



Bild 8-65: tausende Löwenzahnblüten bedecken im Frühjahr die Wiese

Die Entwicklung des Löwenzahns von der gelben Blüte bis zum flugbereiten Samen lässt in den Bildern 8-65 bis 8-67 recht deutlich die Unterschiede erkennen. Rund um das Solarmodell ist reiches Wachstum des Löwenzahns gegeben. Im engeren Bereich, der vom Schatten erfasst wird, ist hingegen kaum eine Pflanze feststellbar.

Tatort Solaranlage



Bild 8-66 und 8-67: langsam verblüht Ende April der Löwenzahn und mit den flugbereiten Samen werden die Standorte der Pflanzen noch deutlicher erkennbar



Bild 8-68 der direkte Blick in den Bereich des Kernschattens des Solarmodells macht klar, wie sich die Vegetation hier innerhalb eines Jahres verändert hat.



Bild 8-69: der Bewuchs im Juni; rund um das Solarmodell konnte sich die Vegetation ungestört von einem Rasenmäher entwickeln wie sie wollte

Wir haben die Vegetation rund um das Solarmodell über das ganze Jahr einfach beobachtet und nicht in deren Entwicklung eingegriffen. Im Herbst schließlich erfolgte Mitte Oktober die „Ernte“.



Bild 8-70: Aufteilung in Rasterfelder um die Erntemenge zu erfassen



Bild 8-71: der Autor mit den Erntemengen einzelner Raster

Die Absicht bei der Ernte war, durch Messung der geernteten Menge an Biomasse weitere Rückschlüsse ziehen zu können. Dazu wurde der Bereich vor und hinter dem Solarmodell in einzelne kleinere Felder unterteilt. In diesen wurde dann jeweils die Erntemenge getrennt ermittelt und der weiteren Bewertung zugeführt.

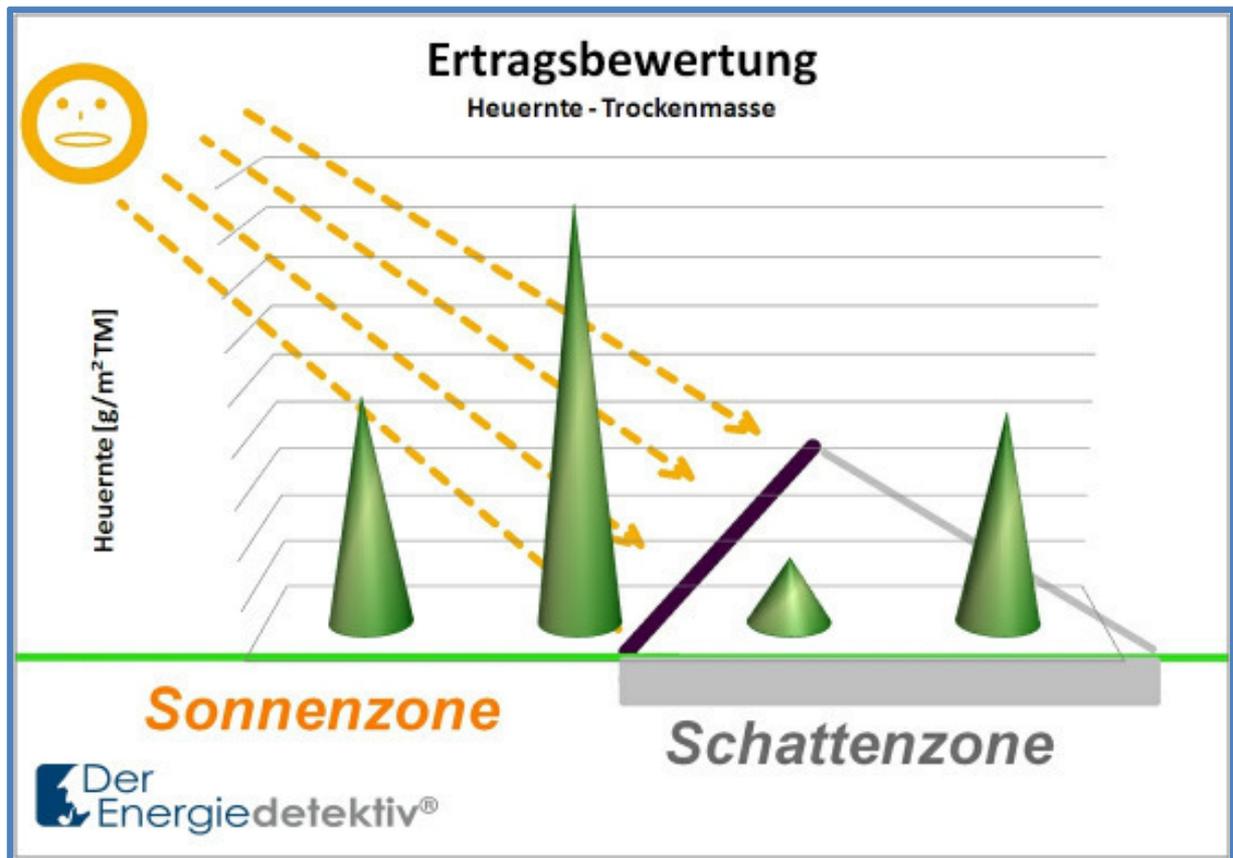


Bild 8-72 das Ergebnis wurde normiert und zeigt im direkten Vergleich das unterschiedliche Trockengewicht (grüne Kegel) in den einzelnen Zonen.

Man könnte sicher im Nachhinein einiges an der gewählten Methode kritisieren. Auch wir würden heute einige Messungen und Beobachtungen ganz anders organisieren. Bei unserem, im übrigen nur aus Eigenmitteln finanzierten, Pilotprojekt war es immer wieder erforderlich die Vorgehensweise neuen Beobachtungen entsprechend anzupassen oder zu erweitern. Dies erforderte auch einen ständigen Lernbedarf sowie die Fähigkeit zu improvisieren. So stellte sich in Zusammenhang mit der Messung der Biomasse heraus, dass wir unbedingt die Trockenmasse ermitteln mussten, um wirklich vergleichen zu können. Denn die Vegetation zeigte deutliche Unterschiede in Hinblick auf den Wassergehalt. Im Schattenbereich waren u.a. moosartige Pflanzen stark vertreten, die eine hohen Wassergehalt hatten und vor der Trocknung die Gewichtsbestimmung stark beeinflussten.

Daher mussten wir recht kurzfristig eine Trocknungsanlage bereitstellen. Das führte zu einem vorher nicht erwarteten Mehraufwand sowohl hinsichtlich der erforderlichen Technik als auch Bearbeitungszeit. Dennoch scheint das Ergebnis diesen, von niemandem bezahlten Mehraufwand zu rechtfertigen. Das Ergebnis dieser Bemühungen zeigt Bild 8-72. Darin ist erkennbar, wie sich die Erntemengen in den Feldern vor und hinter dem Solarmodul verteilen. Die Höhe der grünen Kegel entspricht dabei dem Gewicht an Trockenmasse. Dieses Gewicht wurde dabei normiert auf Gramm pro Quadratmeter ermittelt. Im Feld direkt vor dem Solarmodell wurde das Sechsfache des Erntegewichts gegenüber dem Feld direkt hinter dem Solarmodell festgestellt.

Bewertet man alle abgeernteten Felder, dann ist die Gesamternte vor dem Solarmodell das 2,3-fache der Gesamternte hinter dem Solarmodell. Dargestellt ist dies in Bild 8-73.

Mit diesen Auswertungen dürfte recht deutlich erkennbar sein, dass der Schattenwurf durch das Solarmodell die Vegetation negativ beeinflusst. Jene Energie aus dem direkten Sonnenlicht, die auf das Solarmodul trifft, fehlt für die Vegetation hinter der Solarfläche.

Diese Energie aus dem direkten Sonnenlicht fehlt damit beim Wachstum fast vollständig. Denn die Solarfläche lässt faktisch kaum direktes Sonnenlicht durch (siehe dazu auch die Bilder 8-46 und 8-56).

Die Tatsache, dass im rückwärtigen Bodenbereich dennoch etwa 43% der Erntemenge vor der Solaranlage erzielt wird, ist wohl in erster Linie auf die diffuse Strahlung zurückzuführen. Denn auch im Kernschatten ist es nie ganz finster. Staubpartikel und Wassertropfen in der Erdatmosphäre streuen das Sonnenlicht und so trifft die Sonnenstrahlung aus verschiedenen Richtungen auf die Erdoberfläche.

Diese Strahlung bezeichnet man als diffuse Strahlung. Auch die Reflektion des Lichts an der Erdoberfläche trägt dazu bei. Rund die Hälfte der Sonnenenergie erreicht uns in Form diffuser Strahlung. Damit verbleibt immer ein gewisses Restlicht auch im Schatten von Objekten.

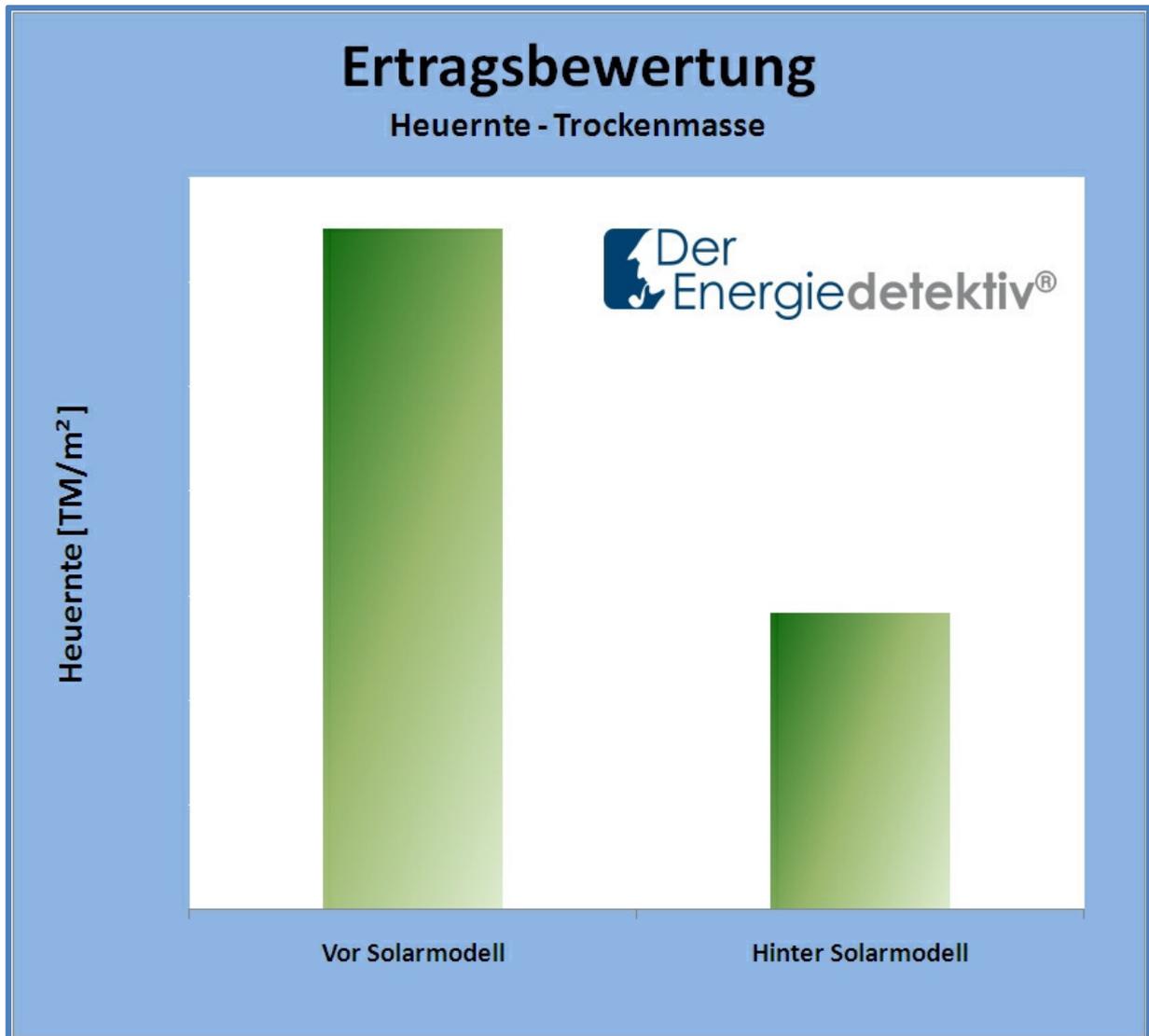


Bild 8-73: Vergleich der Gesamternte vor und hinter dem Solarmodell. Vor der Solaranlage wurde das 2,3-fache Gewicht an Biomasse geerntet als dahinter

Dies ist einer der Gründe, warum man meist bei Solaranlagen auf den ersten Blick keinen negativen Effekt auf die Vegetation feststellt. Erst bei genauerer Analyse würde man diesen bemerken.

Die meisten großflächigen Photovoltaikanlagen werden deutlich über dem Erdboden montiert (Bild 8-74). Damit kommt es zu einem stärkeren Ausgleichseffekt auf dem Boden. Das bedeutet einerseits, der Einfluss des Schattens erstreckt sich über etwas größere Bereiche und damit weniger konzentriert als bei unserem Solarmodell. Andererseits wird auch im vorderen Bereich die diffuse Strahlung aus mehreren Richtungen wirksam. Damit wird bei solchen Anlagen der Verlusteffekt für die Vegetation kaschiert.

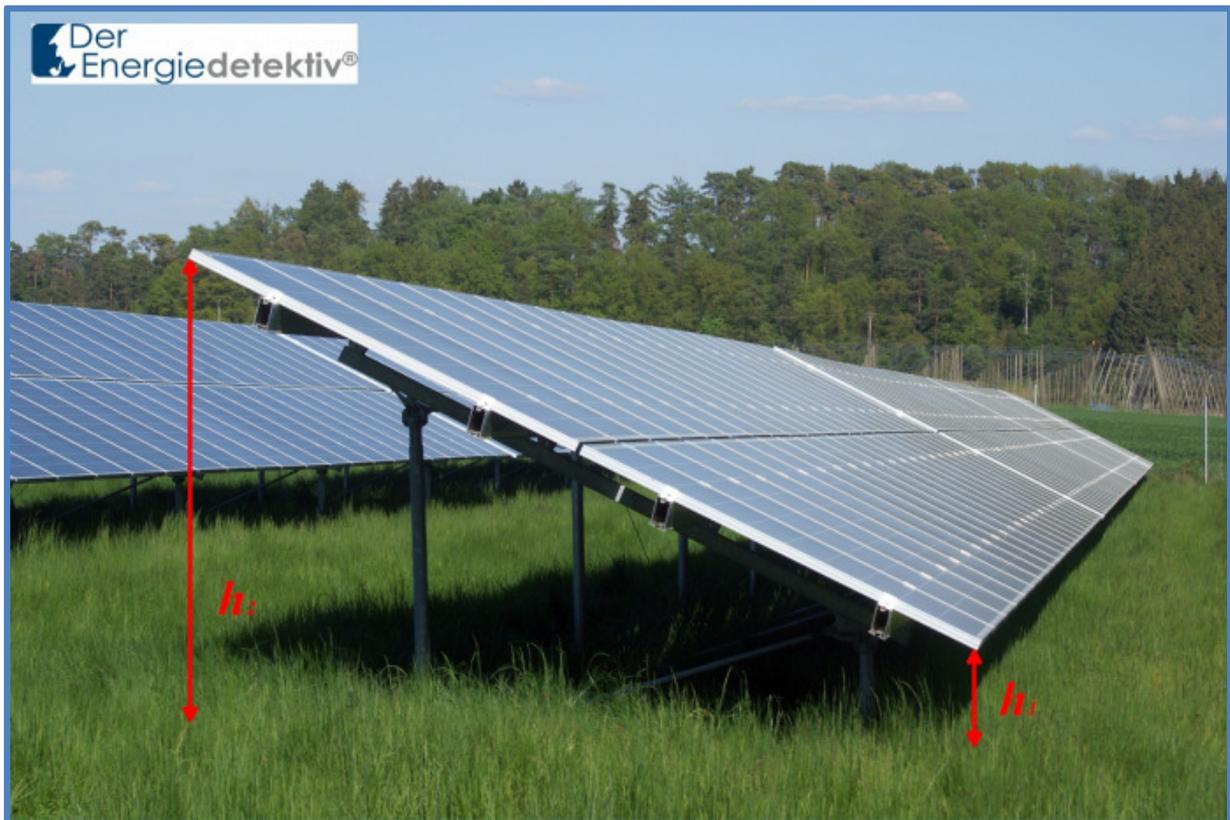


Bild 8-74: diese Photovoltaikanlage ist durch die Ständerkonstruktion vom Erdboden deutlich abgehoben. Allerdings gilt auch hier der Energieerhaltungssatz, womit das Bodenleben hier nun einen Energiemangel „erleidet“. Dieser ist nur großflächiger verteilt und die Verluste für das Bodenleben nicht so klar erkennbar.

Unser Aufbau nutzte durch den direkten Aufbau am Boden den eingangs beschriebenen „Lupeneffekt“. Bei vom Boden abgesetzten Anlagen erkennt man schwerer die Wirksamkeit des Energieerhaltungssatzes. Man könnte bei solchen Anlagen somit meinen, die Vegetation sei von der Energieentnahme gar nicht betroffen. Tatsächlich gilt allerdings auch hier, dass jene Energie, die durch die Solaranlage aus dem Strahlungsfeld entnommen wird, dem Vegetationsbereich am Boden letztlich fehlt. Bei manchen derartigen Anlagen kann man allerdings trotzdem bei genauerer Beobachtung die Wirkung auf den Bodenbereich erkennen. Das ist beispielsweise in den Bildern 8-75 bis 8-77 dargestellt. Hier handelt es sich um eine Photovoltaikanlage, die in Südrichtung und Hanglage errichtet wurde. Sie ist aufgeständert und dürfte sich im unteren Modul ca. 70 cm über dem Boden befinden. Schon im Übersichtsbild 8-75 ist erkennbar, dass im Bodenbereich unter den Solarmodulen die Vegetation beeinträchtigt ist.



Bild 8-75: eine Photovoltaikanlage in Hanglage, im Schattenbereich ist der Vegetationsverlust erkennbar



Bild 8-76: die Detailaufnahme zeigt den wesentlich geringeren Bewuchs unterhalb der Solarmodule

Wir vermuten, dass hier neben dem Schattenwurf auch der fehlende Niederschlag die Vegetation beeinträchtigt. Wir haben diese Anlage nicht über einen längeren Zeitraum beobachtet. Aber es scheint, dass in den schmalen Bereichen zwischen den Modulen die Vegetation im Schatten etwas stärker vorhanden ist, als direkt unter den Modulen. Dies kann sowohl auf Regenwasser als auch auf das höhere Lichtangebot zurückzuführen zu sein.

Ende Oktober konnte dann an dieser Anlage ein weiterer Effekt mit der Wärmebildkamera festgestellt werden. Die in Bild 8-77 dargestellte Infrarotaufnahme entstand um die Mittagszeit.

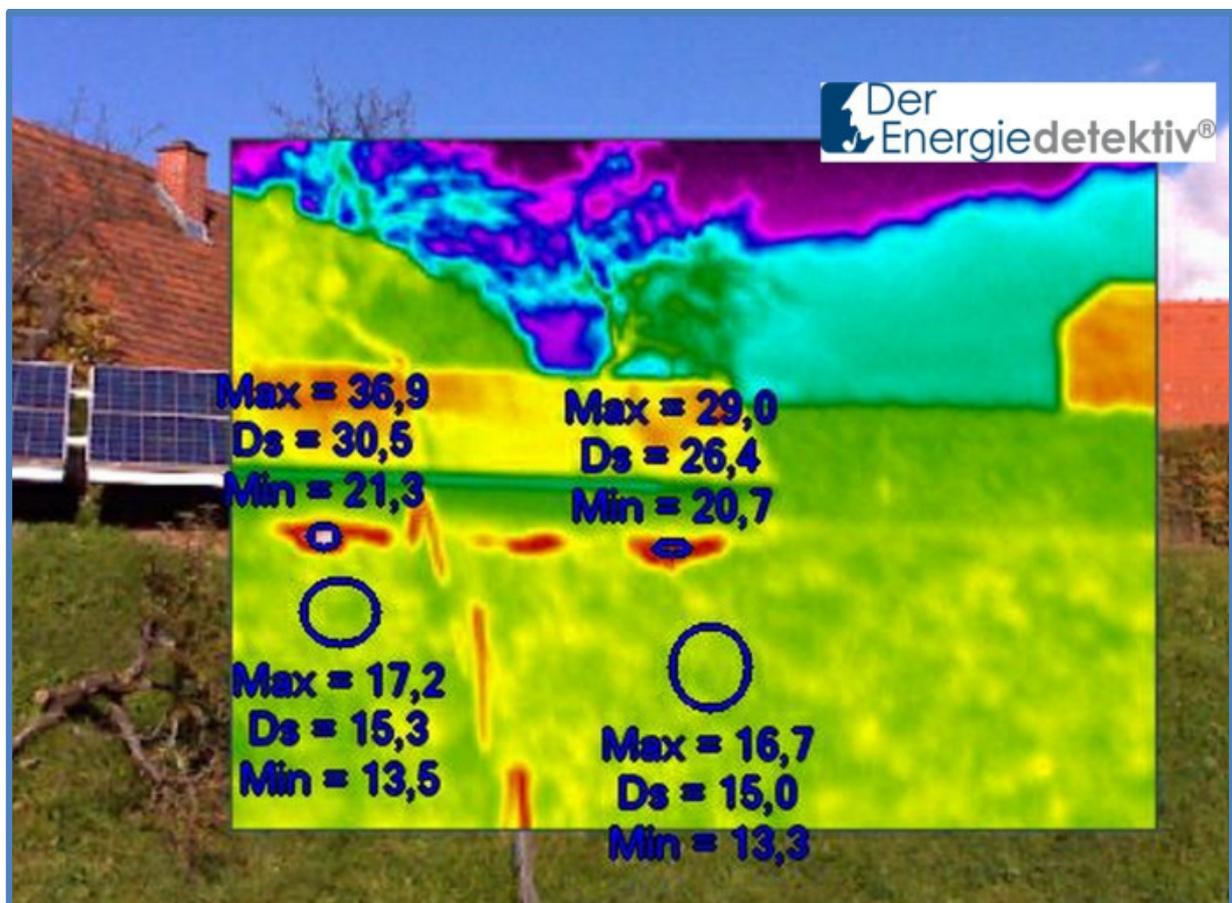


Bild 8-77: das Wärmebild zeigt Ende Oktober eine starke Erwärmung im nicht bewachsenen Bodenbereich unter den Solarmodulen, während die Wiese davor dank des Bewuchses wesentlich kühler bleibt

Die Sonne steht aufgrund der Jahreszeit schon relativ tief. Daher erreicht das direkte Sonnenlicht nun den weitgehend vegetationsfreien Boden unterhalb der Modulfläche. Hier kommt es dann zu einer starken Erwärmung. Da hier kein Bewuchs gegeben ist,

fällt auch der kühlende Effekt der Verdunstung in Pflanzen weg. Den Unterschied macht der direkte Vergleich mit den bewachsenen Flächen davor deutlich.

Im Bild sind links bzw. rechts jeweils zwei blaue Kreise übereinander markiert. Dabei befindet sich der obere Kreis im Bereich unterhalb des Solarmoduls. Dieser Bereich erscheint rot, also als sehr warm markiert. Hier befindet sich sozusagen ein Wüstengebiet. Es fehlen die Vegetation und damit der Kühleffekt. Die Solarenergie wird am nackten Boden ausschließlich in Wärme umgewandelt.

Unterhalb dieses „Wüstenbereiches“ ist jeweils ein etwas größerer blauer Kreis markiert. Dieser erfasst einen bewachsenen Teil der Wiese. Hier sind noch grünes Gras und Kraut vorhanden. Angrenzend an die markierten Kreise sind Temperaturwerte angegeben.

Dabei bedeutet „D_s“ die durchschnittliche Temperatur im markierten Feld. „Max“ und „Min“ bedeuten jeweils die höchste bzw. niedrigste Temperatur im markierten Bereich. Es ist erstaunlich wie hoch die Unterschiede hier sind. Im vegetationsfreien Bereich (also dem „Wüstenbereich“ am Rand unterhalb der Solarmodule) liegt die Temperatur um bis zu 15,2 Grad höher. In der Wiese wird im Bildbereich eine durchschnittliche Temperatur von 15,3°C ausgewiesen. Für den vegetationsfreien Randbereich unterhalb des Solarmoduls sind es hingegen 30,5°C.

Wir können also anhand dieser Bilder einen weiteren Effekt in Zusammenhang mit der Solarfläche feststellen. Da hier, aufgrund der Solarmodule ganzjährig geringerer Niederschlag und Lichtangebot gegeben sind, dürfte die Vegetation bereits beeinträchtigt sein. Die erhöhte Temperaturbelastung bei niedrig stehender Sonne unterstützt dann wohl im bereits vegetationsarmen Bereich eine Art Wüstenbildung im kleinsten Rahmen. Zur genaueren Verifizierung dieser These müsste allerdings an solchen Anlagen eine langfristige Beobachtung erfolgen. Dies war bei unserer Studie leider bisher nicht möglich.

Dennoch zeigen auch die Wahrnehmungen an dieser Anlage ganz deutlich, dass die Nutzung von Solarenergie nicht ohne Folgen bleibt. Im Gegenteil, die Folgen sind bei richtigem „Versuchsaufbau“ und ausreichender Beobachtungszeit klar erkennbar.

Es ist daher festzuhalten, dass auch die Nutzung „erneuerbarer Energie“ nicht ohne Folgen für die Umwelt möglich ist. Es kommt bei Solaranlagen über Grünflächen zu umweltschädigenden Nebenwirkungen.

Wir haben bisher nur die Vegetation in Zusammenhang mit der Nutzung von Solarenergie betrachtet. Allerdings stellt die Vegetation ja nur einen kleinen Teil des gesamten Lebens dar. Wir wollen im folgenden Kapitel daher noch ein paar weitere Beobachtungen zum Leben im Bereich um Solaranlagen anfügen.

8.9. Gefährdetes Leben

Man könnte vielleicht meinen, dass das Wachstum des Klees oder der Gräser ohne Bedeutung ist. Auf diese kleinen, unbedeutenden Pflanzen könnten mancher wohl liebend gerne verzichten. Aber es geht dabei nicht um die Frage, ob eine einzelne Rotkleepflanze Hunger leidet. Sondern es geht immer um das Gesamtsystem. Also um das gesamte Ökosystem auf Erden.

Der Autor ist immer ein Verfechter der Nutzung der Solarenergie gewesen. Letztlich ist dies die einzige Energie, die die Energieversorgung unserer Erde laufend sicherstellt. Diese Sonnenenergie steht aber nicht nur den Menschen zur Verfügung. Sondern immer dem gesamten Leben auf Erden. Dies scheint die Blindheit unserer heutigen Gesellschaft zu sein, die vor lauter Wichtigkeit und Selbstüberschätzung weder den Nachbarn sieht noch den Regenwurm am Boden.

Wir müssen uns daher bei allen Fragen der Energienutzung immer auch die Frage der dadurch verursachten Schäden vor Augen halten. Das gilt nicht nur für die Frage der Kernenergie oder die fossilen Energieträger. Das gilt natürlich auch für die Frage der großtechnischen Nutzung der Solarenergie oder jeder anderen Art sogenannter „erneuerbarer Energie“.

Sonnenenergie ist die primäre Energiequelle für unseren Planeten. Die Sonnenstrahlung sorgt für das Klima und für die Nahrung. Sie ermöglicht damit das irdische Leben. Energie aus dem Licht versorgt jedes Leben auf Erden, vom kleinsten Wurm bis zum Menschen in der Großstadt. Alles Leben hängt von der in Nahrungsmitteln gespeicherten Sonnenenergie ab.

Die Vegetation ist nur das erste Glied in einer langen Kette des Lebens auf Erden. Von den Pflanzen leben dann kleine Tiere. Läuse saugen an den Blättern, Bienen und Schmetterlinge naschen an den Blüten und mancher Samen dient als Vogelnahrung. Wenn die Blätter der Pflanze dann absterben, leben auch der Regenwurm oder der Schimmelpilz wieder davon und verarbeiten den Kompost. Der Maulwurf freut sich über den Regenwurm. Nachdem er den fetten Wurm verdaut hat hinterlässt er einen ordentlichen Haufen Kot. Aus diesem wächst dann im nächsten Frühjahr, dank eines liegengebliebenen Samens, wieder eine neue Pflanze.

So oder so ähnlich spielt sich das Leben am Boden rund um eine Solaranlage ab. Dabei haben wir noch gar nicht die mikroskopisch kleinen Bodenlebewesen erwähnt. In jedem Teelöffel Erde sind Millionen von Bakterien, aber auch Algen, mikroskopisch kleine Tierchen, das Fadengeflecht der Pilze und dazu noch Viren enthalten.

In größeren Mengen guten Bodens finden sich Würmer, Larven, unzählige Käfer und andere Insekten. Schätzungsweise befinden sich auf 1 ha belebten Boden bis zu 10 Tonnen an Lebewesen. Dies hält die Oberösterreichische Umweltschutzbehörde in Zusammenhang mit Flächenverbrauch und Versiegelung fest und führt in einem Positionspapier weiter aus [8-15]:

Der Boden ist Grundlage unseres Wirtschaftens. Der Aufstieg und Fall von Hochkulturen ist eng mit der Bewirtschaftung von Böden verbunden....

...Boden ist ein dreidimensionales System mit vielen Funktionen – wie Regulator für wichtige Kreisläufe (Nährstoffe, Wasser), Filter für Schadstoffe und Lebensraum für Organismen. Aber er ist auch Träger von Infrastruktur und Rohstoffen sowie Grundlage für die Produktion von Lebensmitteln. Die Vernetzung mit vielen anderen Schutzgütern wie Wasser oder Luft zeigt die zentrale ökosystemare Bedeutung.

Deshalb sind Gefährdungen des Bodens, vor allem durch Stoffeinträge aus der Luft, falsche Bewirtschaftung oder Versiegelung oft umfassender, als sie sich auf den ersten Blick darstellen.

Das Leben auf Erden ist mehr als das Leben eines modernen Menschen, der all dies nicht mehr wahrnehmen kann oder will. Niemand, keine einzige Spezies, kann ohne das ganze Umfeld leben.

Daher müssen wir hier noch ein paar Blicke auf das Leben um unser Solarmodell machen. Wir müssen davon ausgehen, dass durch die direkte Nutzung der Solarenergie das reiche Leben des betroffenen Bodens beeinträchtigt wird. Die geänderten Temperaturverhältnisse müssen natürlich eine Auswirkung auf das Leben im Bodenbereich haben. Das Kleinklima wird verändert, womit auch die hier befindlichen Lebewesen betroffen sind.

Was werden wohl die Pflanzen und Bodenlebewesen von der sie betreffenden Klimaänderung durch die Energiewende halten? Die Menschheit meint gerade die Klimaänderung am ganzen Globus auf 2 Grad beschränken zu können. Wie hätten wohl unsere Bodenlebewesen abgestimmt, wären sie in Paris oder sonst wo dazu gefragt worden? Welche Erfahrungen hätten Sie einbringen können?

All die kleinen Lebewesen rund um die großartigen technischen Neuerungen des Klimaschutzes hätten ganz sicher eine andere Meinung. Sie könnten von ihrem Leben im Schatten bei geänderten Temperaturen und Lichtverhältnissen berichten. Leider haben sie keine Stimme, weder in Paris noch in Brüssel, weder in Parlamenten noch in Medien. Sie passen wohl auch nicht in das Gedankenmodell einer klimabesorgten Gesellschaft, deren Geschäftsmodell dadurch in Frage gestellt sein könnte. Umso wichtiger erscheint uns, diesen Kleinstlebewesen hier einen Auftritt zu geben und zu ihrer vermehrte Beachtung beizutragen.

Es ist eine Illusion zu glauben, es gäbe irgendeine Art den Energiehunger der Menschheit ohne Schaden für andere Lebewesen zu stillen. Bei unseren Beobachtungen haben wir die Veränderungen an der Vegetation oder an einzelnen Pflanzen in vielen Fotos dokumentiert. Dies bei Solaranlagen aber auch bei anderen Themen der Energiewende, die wir in weiteren Kapiteln vorstellen werden. Wir bitten die Leser dabei aber immer unsere begrenzten Mittel zu berücksichtigen.

Das pflanzliche Leben an der Oberfläche kann man relativ einfach dokumentieren. Das ebenfalls betroffene tierische Leben festzuhalten ist für einen Hobbyfotografen und Techniker jedoch viel schwieriger.

Zumal uns selbst auch erst nachträglich so richtig bewusst wurde, was dabei alles für die Dokumentation wichtig wäre. Wir sind sicher, dass zukünftige Energiedetektive aufbauend auf unseren Erfahrungen noch bessere Dokumentationen vorlegen werden. Wenn wir das Leben schützen wollen, müssen wir vor allem unsere Blickweise ändern. Wir dürfen nicht nur ein Ziel vor Augen haben, wir müssen gleichzeitig vor allem unsere gesamte Umwelt im Auge behalten. Die Gesamtsicht wird in dieser Situation wichtiger sein, als der hochspezialisierte Blick auf ein Einzelproblem.

In den Bildern 8-78 und 8-79 ist der Unterschied zwischen dem Bereich vor dem Solarmodell und hinter dem Solarmodell nochmals gezeigt. In der Folge dokumentieren weitere Einzelaufnahmen in den Bildern 8-80 bis 8-84 das reiche tierische Leben in Zusammenhang mit der Vegetation.

Wir ersuchen dabei um Nachsicht, wenn unsere Bilder mangelnde Qualität aufweisen. Einige der Bilder, die auf der Sonnenseite direkt vor unserem Solarmodell gemacht wurden, lassen aber den Reichtum der Natur auf jedem Quadratmeter zumindest ansatzweise erkennen.



*Bild 8-78 und 8-79: Gegenüberstellung der Vegetation samt Blüten im Mai und Juni.
Die Bilder entstanden gleichzeitig. Auffallend der Unterschied bei der Zahl der blühenden Pflanzen vor und hinter dem Solarmodell.*







Bilder 8-80 bis 8-84: Das Leben auf der Sonnenseite vor unserem Solarmodell. In der blühenden Wiese tummeln sich die unterschiedlichsten Insekten

Aus diesen Bildern ist schon erkennbar, dass seitens der Insekten ein reges Leben herrscht. Sie ernähren sich von Nektar, Samen und Pollen der blühenden Pflanzen. In der Schattenseite des Solarmodells konnten keine derartigen Bilder gemacht werden. Dies ist auch logisch, da ja bereits der direkte Vergleich gezeigt hat, dass dort kaum blühende Pflanzen vorkommen.

Bevor Sie, werter Leser jetzt Fragen des Lebens auf einer ganz gewöhnlichen Wiese rasch zur Seite schieben, bitten wir Sie noch über einen Punkt nachzudenken: wann haben Sie das letzte Mal die Windschutzscheibe Ihres Autos bei der nächsten Tankstelle rasch reinigen müssen? Nicht wegen Eis und Schnee, sondern wegen der vielen Insekten, die gegen Ihre Windschutzscheibe geprallt sind?

Fällt Ihnen auf, dass sich da was in den letzten Jahrzehnten verändert hat? Vor 20 Jahren oder so mussten wir im Sommer ständig die Windschutzscheiben reinigen! Fahren wir heute durch unser schönes Land ist das nicht mehr der Fall. Die Insektenansammlungen auf den Windschutzscheiben sind massiv gesunken. Man

mag nun einwenden, dass moderne Autos windschlüpfriger sind als ältere. Das dumme an der Geschichte ist nur, das Auto des Autors ist auch schon bald 20 Jahre alt. Also allein an anderer Windschlüpfrigkeit kann das nicht liegen.

Unsere Art des konsumzentrierten Lebens lässt den kleineren Lebewesen keinen Raum. Ein Team um David Brooks vom Agrarforschungsinstitut Rothamsted Research im englischen Harpenden hat Daten aus 15 Jahren ausgewertet: Drei Viertel der untersuchten Arten sind zurückgegangen, bei der Hälfte davon sind die Bestände im zehnjährigen Durchschnitt sogar um mehr als 30 Prozent geschrumpft [8-16].

Die Ursachen mögen vielfältig sein: z.B. die intensive Landwirtschaft mit Monokulturen, Pestiziden, zu viel Dünger aber auch geänderte großflächige Bewirtschaftung setzen den Insekten zu.

Jetzt droht allerdings noch die Alternativenergie als neue Monokultur hinzuzukommen. Das interessante ist, dass jene, die derartige Anlagen als Problemlösung sehen, gerne über die heutige Landwirtschaft schimpfen. Dabei erkennen sie gar nicht, dass die alternative Energieversorgung genauso zum Massensterben der Kleinstlebewesen beitragen könnte wie diverse Pestizide.



Bild 8-85 Kilometerlange Photovoltaikanlagen entlang der Autobahn in Deutschland



Bild 8-86: Die großen Photovoltaikanlagen im Freiland treten in direkte Konkurrenz mit der Nahrungsproduktion. Im Vordergrund ein Spargelfeld, hinter den Bäumen eine größere Photovoltaikanlage in Süddeutschland



Bild 8-87 Photovoltaikanlage zwischen Rapsfeld und Wald in Deutschland



Bild 8-88: Bayrisches Hopfenfeld mit Photovoltaikanlage und Rapsfeld dahinter

Ganz ohne Glyphosat oder sonstige Umweltgifte reicht die Missachtung des Energieerhaltungssatzes für eine neue ökologische Katastrophe. Das Bienensterben ist nicht so sehr eine Frage der Umweltgifte, als des modernen Anspruchsdenkens einer, die eigenen Fähigkeiten maßlos überschätzenden Menschheit. Wer in die solaren Energieströme eingreift wird immer Leben und Klima ändern. Wer mehr aus der aktuellen Solarenergieversorgung für sich beansprucht, muss diese Energie anderen wegnehmen. Diese anderen sind Kleinstlebewesen, unter anderem Bienen und sonstige Insekten.

Genau das sind die Rahmenbedingungen der Energiewende. Nicht mehr und nicht weniger bedeutet der Energieerhaltungssatz. Wer hingegen beansprucht aus dem Nichts Energie schaffen zu können, müsste göttlicher und nicht menschlicher Natur sein. In diesen Randbedingungen liegt die ganze Tragik der sich anbahnenden Ökokatastrophe namens Energiewende. Wenn man als Österreicher nach Deutschland fährt, ist man erstaunt bis erschrocken, die Auswirkungen der Energiewende zu beobachten. Im Gegensatz zu Österreich sind hier bereits riesige ehemalige Grünflächen mit Photovoltaikanlagen überzogen. Bei einem Besuch in Deutschland entstanden im Mai 2016 die Bilder 8-85 bis 8-88.

Hier findet ein brutaler Verdrängungswettbewerb durch eine Langzeit-Monokultur statt. Denn wenn pflanzliche Monokulturen die Landschaft prägen, dann gibt es einerseits zumindest Pausenzeiten für den Boden. Das sind die Zeiten zwischen Ernte und neuer Saat. Aber es gibt auch bei jeder Saat die neue Chance auf Änderung.

Bei der Monokultur Photovoltaik auf Freiflächen hingegen muss man davon ausgehen, dass diese über Jahrzehnte nicht geändert werden. Jahrein, jahraus werden dem Boden Lichtnahrung und Niederschläge entzogen. Welche Auswirkungen mag die dauerhafte Monokultur Solarstrom auf das weitere Leben in diesem Bereich haben? Welche Akkumulationseffekte werden sich da über Jahrzehnte einstellen?

Zwischen den Varianten störende Lebewesen mit Pestiziden oder Herbiziden zu vergiften oder diese im Schatten einer Photovoltaikanlage verhungern und erfrieren zu lassen, besteht unserer Ansicht nach im Wesentlichen kein Unterschied.

Das Resultat des menschlichen Effizienzdenkens ist in beiden Fällen eine massive Beeinträchtigung des irdischen Lebens zugunsten des eigenen Vorteils. Wobei dieser Vorteil selbst innerhalb der Menschen nicht gerecht verteilt ist. Denn die einen dürfen mit hohen Einspeisetarifen, Abgaben und Steuern den anderen deren Gewinn aus der Monokultur finanzieren. Was würden Umweltbewegte wohl dazu sagen, wenn man in ähnlicher Weise Geld für Pestizide und Herbizide über Zwangsabgaben beschafft?

Die verbleibende Frage ist nur, ab wann kann oder besser will man diese Nebenwirkungen wahrnehmen? Nach Vorlage unserer Studie wird zumindest niemand mehr sagen können, er hätte es nicht wissen können. Wir fordern daher alle Leser auf, die hier vorgelegte Dokumentation kritisch zu prüfen, ohne dabei Einzel- oder Eigeninteressen in den Vordergrund zu stellen.

8.10. Droht eine solare Massenvernichtung?

Unsere Gesellschaft macht sich berechtigte Sorgen um die Bienen. Weil diese durch Umweltgifte und ähnliches bedroht sind. Damit würde längerfristig auch der Mensch leiden. Denn ohne Bienen keine Bestäubung und damit keine Ernte! Aber nicht nur die Bienen sind bedroht. Auch alles andere Leben ist durch Monokultur und Effizienzwahn bedroht.

Bei unseren Beobachtungen haben wir die fliegenden Insekten auf den Blüten vor dem Solarmodell dokumentiert. Wir haben im Schattenbereich kaum blühende Pflanzen feststellen können. Das lässt erahnen, dass dort auch das Nahrungsangebot für Bienen und Schmetterlinge usw. unbedeutend ist. Welche Konsequenzen ergeben sich aus dieser Beobachtung?

Insgesamt müssten wir uns fragen, welche Lebewesen können von Solaranlagen auf Freiflächen betroffen sein? Auch wenn es nur ein paar kleine unbedeutende Insekten sind, sollten wir uns dazu doch Gedanken machen.

Letztlich geht es ja inzwischen nicht mehr nur um ein paar Quadratmeter sondern um große Flächen, die zur Erzeugung von Solarstrom genutzt werden. Die Deutsche Bundesregierung führt zur Rolle der Photovoltaik in der Energiewende folgendes an:

Derzeit ist in Deutschland bereits rund 30.000 Megawatt Solarstromleistung am Netz. Würden sich die Installationsraten bei Photovoltaik fortsetzen wie bisher, wäre die prognostizierte Zubaumenge für 2020 bereits im Jahr 2015 erreicht. Ende 2020 wären dann über 90 Gigawatt Photovoltaik-Leistung installiert, obwohl der gesamte Strombedarf an einem sonnigen Sonntagnachmittag nur bei 35 Gigawatt liegt. [8-17]

Laut [8-18] wäre im Freiland mit einer Fläche von 30 m² pro kWp zu rechnen (Verwendung von Dünnschichtzellen). Im Freiland würde eine gesamte Photovoltaik-Leistung von 90 GW somit einem Flächenverbrauch von 2.700.000.000 m² entsprechen. Auf die deutsche Bevölkerung bezogen wären das immerhin 32,85 m² Bodenfläche pro Person.

Es handelt sich also nicht wirklich um eine kleine, einfach zu vernachlässigende Fläche. Was kann nun die Nutzung von Solarstrom aus Freiflächenanlagen für das Leben am Boden bedeuten?

Wir wollen einmal abschätzen, was an Leben durch die Monokultur Solarstrom verloren gehen könnte. Bei „Der Energiedetektiv“ sind wir es gewohnt auch diffizile Fragen im ersten Schritt nur grob zu schätzen. Meist reicht es aus, die Größenordnung aufgrund vorhandener Informationen zu erfassen.

Dabei geht es nicht um Exaktheit, sondern primär um die Frage, in welcher Größenordnung die Potentiale liegen. Es ist dies eine von uns oft genutzte Methode, um festzustellen, ob es sich auszahlen könnte, einem Thema mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Wir wollen diese Art der groben Abschätzung auch hier versuchen. Um die Grenzen abzustecken, müssten wir sozusagen vom besten und vom schlechtesten Fall ausgehen.

Der beste Fall für die Umwelt wäre, wenn wir uns absolut geirrt hätten und derartige Photovoltaikanlagen keinerlei Einfluss auf die Bodenlebewesen hätten. Die vorhandenen Beobachtungen sprechen allerdings deutlich gegen eine solche optimistische Annahme.

Im schlechtesten Fall allerdings wird das Leben am Boden massiv beeinträchtigt. Wir haben an unserem Solarmodell gesehen, dass die Vegetation am Boden im Schattenbereich nur etwa 43,5% von jener vor dem Solarmodell beträgt. Damit verliert man also etwa 56,5% des Wachstums. Auch theoretische Überlegungen würden wohl zu ähnlichen Größenordnungen führen, wenn man das Verhältnis zwischen direkter und diffuser Strahlung berücksichtigt.

Wenn allerdings 56,5% der Vegetation verloren geht, müsste in der Folge der weiteren Nahrungskette dies auch wirksam werden. Also werden auch andere Lebewesen entsprechend weniger Nahrung zur Verfügung haben.

Am und im Boden herrscht an sich ein reges Leben. Unzählige Algen, Pilze und Bakterien sind hier vorhanden. Der Bund Naturschutz in Bayern gibt recht plakativ an, dass in einer Handvoll Erde mehr Organismen als Menschen auf der Erde leben

[8-19]. Für unsere Abschätzung verwendeten wir Daten zur Anzahl der Lebewesen pro Quadratmeter [8-20]. Unsere Beobachtung, dass das pflanzliche Nahrungsangebot an der Oberfläche um 56,5% sinkt, haben wir analog auf die Bodenlebewesen umgelegt. Unsere Annahme ist dabei, dass eine Verringerung der oberflächlichen Vegetation in Folge der Nahrungskette zu einer gleich hohen Verringerung des Lebens im Boden führt.

Durch ein verringertes Nahrungsangebot käme es daher zu einem Verlust an Lebewesen. Die so abgeschätzten Ergebnisse pro Quadratmeter sind erschreckend hoch. Wenn man nur die Fauna, also die Tierwelt betrachtet, so verliert das Leben pro Quadratmeter nun rund 340 Milliarden tierische Lebewesen. Davon ca. 6.150 größere Exemplare wie Käfer, Schnecken, Asseln, Spinnen und sonstige Insekten.

 Der Energiedetektiv®	
Abschätzung der Verluste an tierischen Bodenlebewesen	
<i>Annahme: Nahrungsverlust - 56,5%, aliquot auf Population lt. [8-20] umgelegt</i>	
Verluste an Individuen pro Quadratmeter	
Makro- + Megafauna	ca. 6.150
Tierwelt insgesamt, inklusive Mikrofauna (z.B. Wimpertierchen, Geißeltierchen etc.)	ca. 339,6 Milliarden
Verluste an Individuen pro Watt_{peak} Solarleistung	
Makro- + Megafauna	ca. 184
Tierwelt insgesamt, inklusive Mikrofauna (z.B. Wimpertierchen, Geißeltierchen etc.)	ca. 10,2 Milliarden

Bild 8-89: Zusammenfassung unserer groben Abschätzung des Verlustes an Bodenlebewesen unter Solarflächen im Freiland/Grünland

Was damit stattfinden könnte, wäre eine einzigartige ökologische Katastrophe. Wohl gemerkt, diese Werte beziehen sich auf einen Quadratmeter! Diese nun auf prognostizierte Gesamtflächen umzurechnen macht die mögliche Dimension ausgelöschten Lebens noch entsetzlicher.

Wir haben die abgeschätzten Verluste an Lebewesen auch auf die elektrische Spitzenleistung von Freiflächenanlagen bezogen. Ausgangswert waren die schon erwähnten Angaben in [8-18]. Die Werte sind in Tabelle/Bild 8-89 zusammengefasst.

Für das Alltagsleben dazu ein Vergleich: Ein Ladegerät für ein Smartphone benötigt eine Leistung zwischen etwa 6 – 10 Watt. Damit würde allein der Ladevorgang des Smartphones mit solarer Stromleistung (Anlage über einer früheren Vegetationsfläche) die Auslöschung von etwa 1.800 größeren Bodenlebewesen bedeuten. Berücksichtigt man auch noch die Kleinstlebewesen, so wären dies 100 Milliarden Tierchen. Kleine Tierchen, die man nur unter dem Mikroskop sieht. Die dazu da sind, um den Boden zu beleben, der früher einfach „unnützes“ Grünland war.

Wenn unsere Schlussfolgerung stimmt, unterscheidet sich die Nutzung „erneuerbarer Energie“ dann in einer sehr konkreten Weise von der Nutzung fossiler Brennstoffe: bei fossiler Energie verbrennen wir abgestorbenes Leben, bei „erneuerbarer Energie“ geht dies zu Lasten eben aktuell absterbenden Lebens. Bei allen Angaben handelt es sich hier nur um eine erste, grobe Abschätzung. Wir wollten abschätzen, welchen Verlust an Lebewesen man durch logische Annahmen vermuten könnte. Unsere Abschätzung erscheint uns derart alarmierend, dass es dringend erforderlich scheint, dass sich Biologen mit dieser Thematik näher beschäftigen. Hier wären sicher umfangreichere Untersuchungen sinnvoll. Dies liegt aber derzeit außerhalb der organisatorischen Möglichkeiten von „Der Energiedetektiv“ .

Erfreulich wäre, wenn derartige Untersuchungen ebenso wie diese Studie wirklich unabhängig von den Interessen bestimmter Geldgeber erfolgen könnte. Vielleicht gibt es eines Tages ja auch neben dem Energiedetektiv ebenso Biodetektive, die ihre Verantwortung als Bürger ernst nehmen und eigene Forschung betreiben. Noch schöner wäre es, wenn in Zukunft hier fächerübergreifende Kooperationen freier Menschen die Unabhängigkeit der Wissenschaft wieder herstellen könnten.

8.11 Umweltbewusstsein, Klimaschutz und Selbstgerechtigkeit

Es gibt Bemühungen die Freiflächenanlagen zu begrenzen. So spricht beispielsweise die Oberösterreichische Umweltschutzbehörde eine klare, fachliche Empfehlung für Aufdachanlagen sowie für gebäudeintegrierte PV-Anlagen aus. Denn an bzw. auf Gebäuden stehen ausreichende und geeignete Flächen zur Verfügung, die weder in Konkurrenz zur Landwirtschaft noch zum Naturschutz stehen. PV-Freiflächenanlagen sollten nur in Ausnahmefällen ...bewilligt werden [8-23].

Trotz solcher Stimmen gibt es in breiten Kreisen der Bevölkerung kein wirklich ausgeprägtes Bewusstsein dafür, dass die Nutzung „erneuerbarer Energie“ auch Schädigungen haben könnte. Dies ist jedoch ein fundamentaler Irrtum. Auch oder gerade die Nutzung sogenannter „erneuerbarer Energie“ hat ein großes Zerstörungspotential, wenn man es mit dem heutigen Energieverbrauch verbindet. Dies betrifft dabei leider nicht nur die Frage der Lebewesen im Schatten von Solarflächen. Leider gibt es darüber hinaus noch zahlreiche andere schädigende Umweltwirkungen.

Am Anfang der Nutzung „erneuerbarer Energie“ stand ein erhöhtes Umweltbewusstsein. Daraus entstand die Ökologiebewegung, die viele Verdienste um den Naturschutz hat. Die Gefahr erfolgreicher Bewegungen ist jedoch immer die der Selbstüberhöhung. Der Rausch des eigenen Erfolgs ist die größte Gefahr – das gilt sowohl für Individuen als auch für Gemeinschaften. Großer Erfolg in der Öffentlichkeit kann rasch zur Selbstgerechtigkeit verführen. Nur Demut könnte dagegen als Impfschutz dienen. Demut ist allerdings in breiten Kreisen heute nicht gerade beliebt. Hochmut hingegen kommt bekanntlich vor dem Fall. Das sagt eine uralte Weisheit aus den Sprüchen Salomos.

Aufgrund des scheinbaren Erfolgs der Ökologiebewegung ist leider in deren Abkömmlingen heute kein ausreichendes Bewusstsein mehr dafür vorhanden, dass auch Solarenergie zu negativen Konsequenzen für das Leben führen kann. Die Tatsache, dass der Mensch mit der direkten Nutzung der Solarenergie noch stärker in Konkurrenz zu bestehenden Lebewesen tritt, scheint nur wenigen wirklich bewusst zu sein.

„Erst wenn der letzte Baum gerodet, der letzte Fluss vergiftet, der letzte Fisch gefangen ist, werdet Ihr merken, dass man Geld nicht essen kann.“

So lautete ein bekannter Spruch am Anfang der Umweltbewegung. Er hat wohl auch heute noch seine Bedeutung. Auch wenn man ihn schon lange nicht mehr gehört hat. Der Verlust jedes einzelnen Lebewesens ist ein Verlust für die Gesamtheit der Schöpfung. Er ist ein Verlust unabhängig davon, ob er durch die Nutzung fossiler oder erneuerbarer Energie entstand.

Der moderne Mensch interessiert sich für seine Darmbakterien. Leider aber kaum mehr für die Bodenflora und all die tierischen Organismen, die letztlich die Bodenqualität entscheiden. Wir hoffen, dass unsere Ausführungen dazu dienen können, dass sich mehr Menschen darüber Gedanken machen. Das wäre schon ein erfreuliches Ergebnis für unsere Detektivarbeit.

Noch wichtiger erscheint uns, dass sich der moderne Mensch dessen wieder bewusst wird, dass sein eigenes Leben immer auch anderes Leben beeinträchtigt. Für uns Menschen ist es schlicht und einfach unmöglich „schuldlos“ auf dieser Erde zu bleiben. Wir müssen essen und brauchen dazu zumindest die Pflanzen als Nahrung. Sofern wir nicht nur einzelne Früchte und Samen ernten, sondern ganze Pflanzen oder Tiere verzehren, sind wir immer Schuld am Tod und Leid anderer Lebewesen.

Wenn wir allerdings nicht nur unsere Nahrung aus der Umwelt beziehen, sondern unsere Energieversorgung, dann wird die Dimension der Nebenwirkungen noch dramatisch höher.

Es ist schlicht eine tödliche Illusion, der moderne Mensch hätte mit der „erneuerbaren Energie“ einen Weg gefunden, ohne Schuld an anderem Leben zu bleiben. Unser exzessiver Konsum geht immer zu Lasten anderer Lebewesen! Da helfen weder Kennzeichnungen noch Vorsilben oder Nachsilben wie „Grün-“, „Klima“, „fair“ oder gar „neutral“ bei unseren Konsumprodukten. Sie können vielleicht das Gewissen beruhigen aber nicht die Naturgesetze außer Kraft setzen.

Wenn wir in irgendeiner Form sogenannte „erneuerbare Energie“ nutzen, dann bedeutet dies anderen Lebewesen oder dem Klimaprozess den solaren Gewinn vorzuenthalten. Es bedeutet in Lebensprozesse einzugreifen. Sei es beim Baum, dessen Holz wir verbrennen oder verhungernde Pflanzen, Algen, Pilze oder sonstige Kleinlebewesen beispielsweise im Schatten von Photovoltaikanlagen.

Mit der direkten Nutzung der Sonnenenergie verschieben wir Energie aus dem Nahrungsbereich in den menschlichen Energiekonsum. Dies bleibt nie ohne Folgen für den Nahrungskreislauf auf unserem Globus.

Bei Ethanol und Biodiesel war man entsetzt, als man den Zusammenhang mit den Nahrungsmittelpreisen erkannte. Man erkannte es anhand von Börsenentwicklungen und Preissteigerungen. Und man war nur deshalb darüber aufgeregt, weil es die Nahrung von Menschen direkt betraf. Steigende Börsenentwicklungen bei anderen Produkten der Energiewende sieht man hingegen weniger skeptisch.

Dies ist die Einäugigkeit der handelnden Personen. Man sieht nicht oder will nicht sehen, dass der eigene Gewinn immer auch der Verlust anderer ist. Denn es geht immer um Energieströme bzw. die Verteilung von Arbeitsergebnissen aus dem solaren Energiestrom. Langfristig gilt das für jedes Wirtschaftssystem. Kurzfristige Entwicklungen sind nur Täuschungen in Hinblick auf die ewig geltenden Naturgesetze.

Letztlich sind die Nebenwirkungen jeder Art der Energienutzung nur eine Konsequenz von zwei wesentlichen Naturgesetzen: dem Energieerhaltungssatz und dem Gesetz von Angebot und Nachfrage. Jeder Bauer am Land kennt diese Gesetze. Die meisten Unternehmer vielleicht auch noch. Leider aber dürften sie in vielen, wirtschaftsferneren Kreisen so ziemlich in Vergessenheit geraten sein.

Dieser Illusion müssen wir hier leider in aller Deutlichkeit unsere Beobachtungen und Analysen entgegenhalten. Die Umverteilung von Energieströmen führt immer zu Nebenwirkungen, die das Klima und das Leben beeinträchtigen. Dies gilt ganz besonders in Zusammenhang mit der Energiewende. Das trügerische ist nur, dass die Änderungen langsam und vorerst unmerklich passieren. Nur genaue Beobachtung und Analyse kann hier helfen.

Wir wollen an dieser Stelle den bisher erkannten möglichen „**Sünden**katalog“ für die direkte Nutzung der Solarenergie zusammenfassen. Die direkte Nutzung von Solarenergie könnte insbesondere über Grünflächen zu folgenden Konsequenzen führen:

- Aus Solarenergie entsteht über die Vegetation sämtliche Nahrung für das irdische Leben
- Die Entnahme von Solarenergie bedeutet damit Einflussnahme auf die Nahrungskette. Die Entnahme von Energie aus der Solarstrahlung führt zu neuen Konkurrenzsituationen zwischen dem Menschen und dem übrigen Leben auf Erden
- Dies kann zu Hunger und Absterben der betroffenen Lebewesen führen. Unsere Abschätzungen lassen sogar ein Massensterben befürchten
- Die direkte Nutzung von Solarenergie führt neben dieser nahrungsbedingten „Hungerproduktion“ zusätzlich zur Änderung des Kleinklimas durch Umverteilung von Wasser und Wärme
- Diese Änderung des Kleinklimas beeinträchtigt ihrerseits wieder das Leben rund um Solaranlagen
- Es entstehen Bereiche mit geringerer und Bereiche mit erhöhter Belastung durch Niederschlag. Dies könnte im Bodenbereich zu dzt. unvorhersehbaren Konsequenzen führen
- Auch die Verdunstung der Niederschläge wird durch Änderungen bei Vegetation und Wasserverteilung beeinflusst. Dadurch werden aber auch der natürliche Kühleffekt der Verdunstung und die Luftfeuchtigkeit verändert. Diese Faktoren beeinflussen wiederum die Temperaturverhältnisse im Umfeld der Solaranlage.
- Rund um die direkte Nutzung der Solarenergie ändert sich das Kleinklima deutlich
- Wenn das Kleinklima geändert wird, kann dies nicht ohne Folgen auf das Weltklima bleiben, das ja nur die Summe der Einzelsituationen zusammenfasst
- Es besteht somit die Gefahr, dass die direkte Nutzung der Solarenergie auch zu negativen Einflüssen auf das globale Klima führt

8.12 Klimaschutz oder Klimakatastrophe durch Solarenergie ?

Klimaschutz beginnt im Kleinen! Das ist auch daraus erkennbar, dass alle Bestrebungen zum Klimaschutz immer die Kleinen verpflichten. Die kleinen Staatsbürger haben Änderungen vorzunehmen oder zu finanzieren.

Diese Art von Klimaschutz treibt heute zahlreiche unproduktive Blüten. „Grüne Energien“ sind zu forcieren, so tönt es aus allen Lautsprechern. Dazu müssen viele Umlagen, Förderabgaben etc. eingesammelt werden, um im Sinne des Klimaschutzes jene Technik zu fördern, die man als hilfreiche Retter vor einer weltweiten Klimakatastrophe empfindet. Der Wahn, die Welt retten zu müssen, war schon immer eine hervorragende Methode zielsicher den Weg in die nächste Katastrophe zu finden.

Unsere Meinung hingegen ist, dass Klimaschutz beim Schutz des Kleinklimas beginnt! Die Welt zu retten beginnt immer zuerst im eigenen Haus und im eigenen Umfeld. Sie beruht auf dem Primat der Eigenverantwortung und nicht auf der bequemeren Verantwortungslosigkeit durch Normierung aller Lebensbereiche.

336

Der Bauer, der selbst mit seiner Familie die produzierten Lebensmittel verzehrt, würde nie und nimmer verantwortungslos handeln. Er könnte seinen Überfluss guten Gewissens an jedermann verkaufen. Seine Nachbarn wissen das und hätten volles Vertrauen zu ihm. Er würde sein ganzes Bemühen darauf setzen sein Land, seinen Besitz zu pflegen und dessen Fruchtbarkeit und Gesundheit zu fördern. Er wäre der beste Klimaschützer den die Welt je gesehen hat.

Der oft gehörte Slogan „global denken und lokal handeln“ offenbart hingegen die Schizophrenie vieler Intellektueller. Niemand kann derart gespalten existieren. Mit einem Federstrich entscheiden heute Menschen am anderen Ende des Kontinents oder gar der Welt über Fragen die nur vor Ort entschieden werden können. Eine einzige Fehlstelle in der langen Übertragungskette reicht aus, um gut gemeinte Intentionen ins Gegenteil zu verkehren. So passiert es, dass Klimaschutz zum Klimawandel beiträgt und keiner mehr wirklich zufrieden ist. Die Diskrepanz zwischen Intention und Wirklichkeit wird dann immer größer.

Bei Solaranlagen im Freiland haben wir eine solche Situation festgestellt. Der Anspruch des Klimaschutzes kollidiert mit der Beobachtung beunruhigender Änderungen des Kleinklimas. Diese Änderung erfolgt zum Schaden von Lebewesen in deren Umfeld. Bienen finden ebenso in den Schattenbereichen weniger Nahrung wie alle anderen Nutznießer der solaren Nahrungskette. Wir wagen daher zu bezweifeln, dass die „erneuerbaren Energien“ tatsächlich einen derart hohen Nutzen für den Klimaschutz haben könnten.

Die Energiewende in Deutschland setzt fundamental auf „erneuerbare Energie“. Solarstrom, Windstrom etc. sollen in Zukunft nicht nur den bisherigen Stromverbrauch abdecken. So soll auch umweltfreundliche Energie für einen Totalumbau auf Elektromobilität erzeugt werden.

Auf die Frage „Sind die „erneuerbaren Energien“ nur klimafreundlich oder auch umweltfreundlich?“ nennt die deutsche Bundesregierung zuerst die Schadstoffe, die mit Erdöl oder Kohle betriebene Kraftwerke ausstoßen. Danach gibt man folgende Auskunft:

Erneuerbare Energien geben deutlich weniger Schadstoffe dieser Art an die Umwelt ab und vermeiden eine weitere Erwärmung der Atmosphäre. Ein naturverträglicher Einsatz kann gleichzeitig auch dem Schutz der biologischen Vielfalt und der Erhaltung der bestehenden Ökosysteme dienen. Hinzu kommt ihre wirtschaftliche Bedeutung. [8-24]

Dem können wir so leider nicht zustimmen. Unsere Beobachtungen lassen hingegen zunehmend anderes vermuten. Das genaue Gegenteil dürfte der Fall sein! Die letzten Kapitel zeigten sehr deutlich, dass sich im Umfeld einer Solaranlage sowohl das Leben als auch das Kleinklima ändert. Das kann jedermann anhand der Vielzahl an dokumentierten Beobachtungen in dieser Studie nachvollziehen. Das kann auch jedermann durch eigene Versuche prüfen.

Dass der Anspruch des Schutzes der biologischen Vielfalt und Erhalt der Ökosysteme nicht zutrifft, haben wir in unseren bisherigen Ausführungen erklärt und dokumentiert.

Allerdings ist ebenso die Prämisse der Klimafreundlichkeit zu hinterfragen. Wir haben zwar selbst über lange Zeit geglaubt, dass „erneuerbare Energie“ das Klima schützen könnte. Aber unsere Beobachtungen in der Natur sowie bei technischen Anlagen lassen uns heute daran zweifeln. Dass die direkte Nutzung der Solarenergie zum Klimaschutz ausschließlich positive Beiträge liefert, erscheint uns nicht mehr so klar. Letztlich hatten unsere Beobachtungen und eigenen Messwerte gezeigt, dass sich das Kleinklima rund um eine Solaranlage ändert.

In diesem Zusammenhang muss man sich der Bedeutung des Kleinklimas bewusst werden. Das Kleinklima ist nämlich nicht eine Abwandlung des Weltklimas. Stattdessen ist es umgekehrt. Das Weltklima ergibt sich aus der Summe aller Kleinklimata. Das bedeutet, das Zusammenspiel aller kleinen Klimaregionen ergibt letztlich so etwas wie ein Weltklima. Die Änderungen im Kleinen bewirken die Änderung des Ganzen. Wenn man es von Seite der CO₂-Emissionen betrachten will, dann hat ja die Summe vieler kleiner Rauchfänge zum Anstieg der CO₂-Konzentration geführt. Wenn wir eine ähnliche Situation in Zukunft vermeiden wollen, müssen wir uns daher mit der Frage detaillierter auseinandersetzen, was die im Kleinklima beobachtete Änderung um eine Solaranlage für das Weltklima wirklich bedeutet.

Im oben angeführten Text der deutschen Bundesregierung wird behauptet, dass die „erneuerbaren Energien“ eine weitere Erwärmung der Atmosphäre vermeiden. Dies erscheint uns aus mehreren Gründen für die direkte Nutzung in Solaranlagen nicht schlüssig. Wir wollen daher versuchen unsere Sicht der Dinge zu erläutern und soweit möglich mit Beweismaterial zu untermauern. Vorausschickend sei erwähnt, dass die Aufbereitung dieser Unterlagen sukzessive erfolgte. Deshalb kommt es einerseits zu Wiederholungen, andererseits aber auch zu Ergänzungen an anderen Stellen dieser Studie. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass im Laufe der Arbeiten an der Studie für uns immer wieder neue Erkenntnisse hinzukamen. Daher ist die textliche Gestaltung auch durch den zeitlichen Ablauf unserer Beobachtungen und Ermittlungsergebnisse bestimmt. Damit folgt die Darstellung vielleicht nicht immer einem perfekten didaktischen Ablauf, sondern widerspiegelt unseren eigenen, sukzessiven Erkenntnisgewinn. In diesem Sinne dokumentieren wir in der Folge Wahrnehmungen in Zusammenhang mit Einflüssen nicht nur auf das Leben und die Biosphäre sondern speziell auf das Klima.

8.12.1. Ausgleichende Funktion der Nahrungskette

Um den klimatischen Einfluss technischer Anlagen einschätzen zu können, ist es wichtig die physikalischen Grundgesetze im Kopf zu behalten. Zum einen ist hier nochmals der Energieerhaltungssatz anzuführen. Energie wird weder erzeugt noch verbraucht, sondern immer nur umgewandelt. Zum anderen ist die Tatsache wesentlich, dass alle Energie am Ende immer in Wärme umgewandelt wird.

Die direkte Nutzung der Solarenergie über Grünflächen entnimmt Energie aus der Nahrungskette. Diese, der Nahrungskette vorenthaltene, Solarenergie geht nun direkt und faktisch zeitgleich als Wärme in die Umwelt.

Zwar erfolgt auch in der Nahrungskette letztlich irgendwann die vollständige Umwandlung in Wärme. Auf diesem Weg ergibt sich aber eine gewisse zeitliche Verzögerung, die die klimatischen Bedingungen beeinflusst. Denn mit dem Pflanzenwachstum wird Energie gebunden, die erst später in der Nahrungskette weiter verarbeitet wird. Sei es, dass Kleinlebewesen die pflanzliche Biomasse fressen, oder diese im länger dauernden Verrottungsprozess zersetzt wird. Hier kommt es jedenfalls zu einer gewissen Ausgleichsfunktion in Verteilung und zeitlichem Ablauf.

Der Höhepunkt der solaren Energieversorgung ist im Sommer. In den Pflanzen wird mit Licht CO_2 in Zucker umgewandelt und Sauerstoff produziert. Die in der Blattmasse als Zucker gespeicherte Energie bleibt vorerst gespeichert. Zwar erfolgt ständig eine gewisse Entnahme im Zuge der weiteren Nahrungskette. So saugen Läuse an den Blättern und scheiden dann zuckerhaltigen Honigtau aus. Dieser dient wieder anderen Insekten zur Nahrung. Ameisen halten sich Läuse sogar wie Milchkühe. Sie melken die Läuse und beschützen sie sogar vor anderen räuberischen Tieren.

Auch Bienen sammeln den Honigtau und speichern ihn als Waldhonig in ihrem Bau. Der gespeicherte Honig dient ursprünglich den Bienen als Nahrung. So kommen sie auch über den Winter. In dieser Zeit sichern sie sich auch durch die Umwandlung der Nahrung in mechanische Energie die nötige Wärme zum Überleben. Denn Bienen halten keinen Winterschlaf. Sie kuscheln sich zu einer Traube zusammen. Mitten in

dieser Wintertraube sitzt die Königin. Die Bienen in der äußersten Schicht der Traube entwickeln durch Vibrieren ihrer Muskulatur Wärme. Dazu nutzen die Bienen die Nahrung aus den Futterwaben des Sommers. Auf diese Weise existiert im Innern der Traube auch im tiefsten Winter stets eine Temperatur von mindestens 25 °C.

So erfolgt recht einfach nachvollziehbar eine zeitliche Verlagerung der Nutzung von Solarenergie. Im Sommer bzw. Herbst wird eingelagert und im Winter verbraucht. Eine Methode, die auch der Mensch früher nutzte. Im Herbst wurde geerntet und die Ernte in vielfältiger Form aufbereitet und gespeichert. Frisches Gemüse und Obst war im Winter kaum vorhanden. So spielte Sauerkraut über Jahrhunderte in Deutschland und anderen europäischen Ländern eine wichtige Rolle bei der winterlichen Vitaminversorgung. In Zeiten der Globalisierung hingegen dominieren heute ständige Warenströme. Diese garantieren, dass immer frische Ware in der Nahrungskette vorhanden ist. Selbstverständlich ist der damit verbundene Energieverbrauch ein massives Thema. Denn es macht einen Unterschied ob frisches Obst aus Afrika oder der eingelagerte Apfel aus der eigenen Heimat konsumiert wird.

Die Probleme der Logistik und des Transports sind uns dabei im Klimaschutz bewusst. Unbeachtet bleibt jedoch meist, dass so auch ständig Solarenergie von einer Hälfte der Weltkugel in die andere zeitnahe verschoben wird. Es steht zu vermuten, dass es dabei zu gewissen Ungleichgewichten kommt, die einen nicht unerheblichen menschlichen Einfluss auf das Klima ausüben könnten.

Anhand der Bienen wird dies recht einfach nachvollziehbar (Bilder 8-90 bis 8-92). Nimmt man den Bienen die im Sommer gespeicherte Nahrung völlig weg, dann werden sie im Winter verhungern und erfrieren. Gleichzeitig wird die recht hohe Erwärmung im Bienenstock nicht umweltwirksam. Das bedeutet klimatisch, dass im Winter nun diese Wärme in der Natur fehlt. Das Kleinklima, in diesem Fall für den Bereich Bienenstock, wurde so geändert, dass es zu massiven Auswirkungen auf das Leben kommt. Ein ausgleichender Klimaeffekt ist so mit dem Leben bzw. der Nahrungskette direkt verknüpft. Stirbt dieses Leben ab, dann fehlt in Hinkunft die klimatische Ausgleichsfunktion eines ganz natürlichen solaren Energiespeichers.



Bild 8-90: Die in den Waben der Honigbienen gespeicherte Nahrung ist nichts anderes als Solarenergie, die über die Nahrungskette das winterliche Überleben in Form von Honig im Bienenstock sichert

341

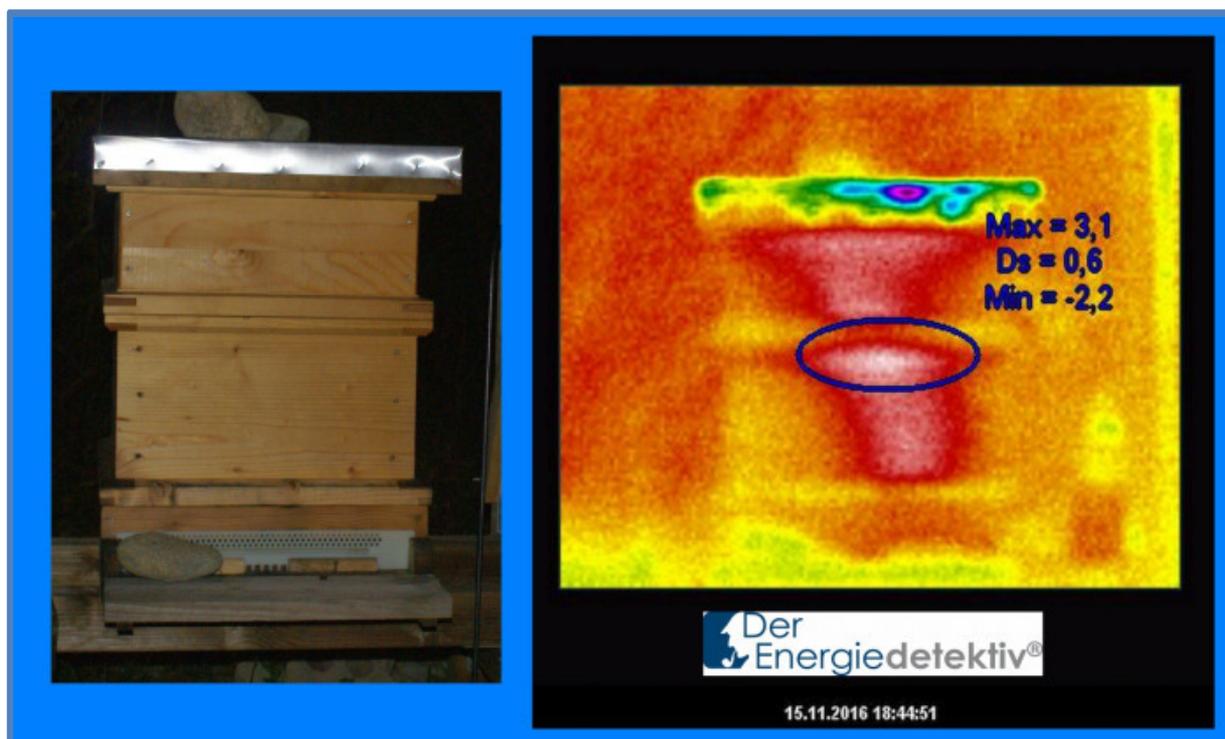


Bild 8-91 das nächtliche Wärmebild des Bienenstocks zeigt von außen bereits wo sich die Bienen befinden. Die in der Nahrung eingelagerte Solarenergie wird so in einem rein biologischen Speichersystem zeitlich verlagert im Winter nutzbar!

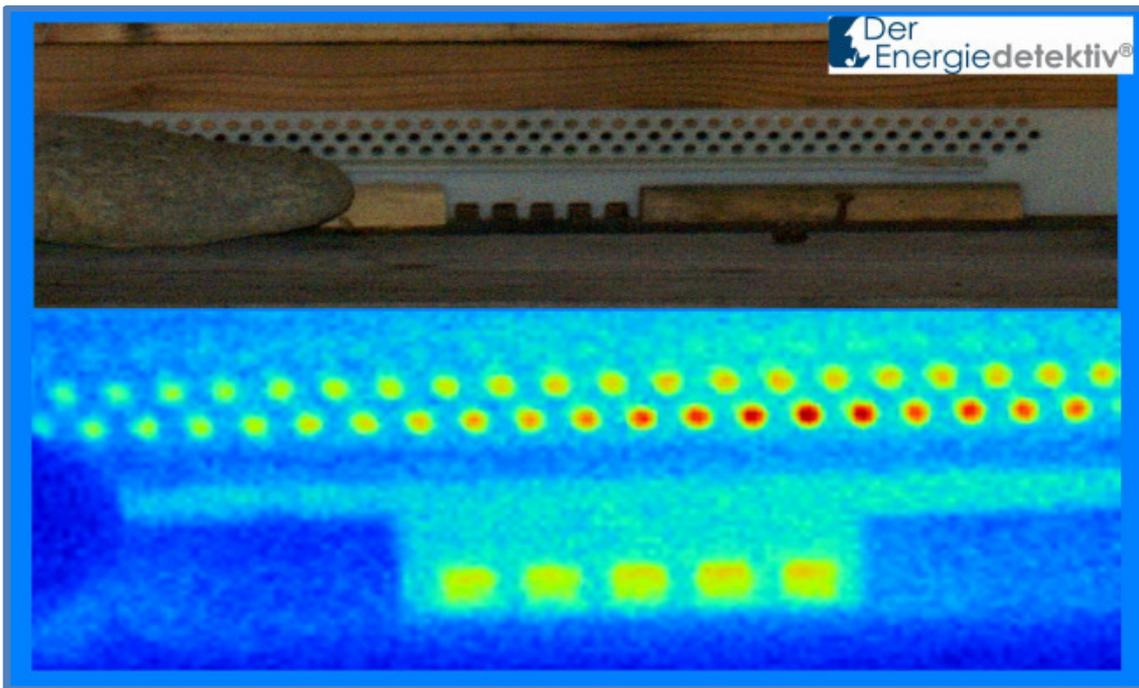


Bild 8-92: Der Wärmeverlust ist beim Bienenstock wie bei einem Wohnhaus an den Fenstern und Türen erkennbar. Ein Wärmebild des Fluglochs macht im Winter rasch klar, dass im Bienenstock „geheizt“ wird.

Alleine an diesem Beispiel kann man bereits recht klar die Bedeutung der ausgleichenden Wirkung durch die Nahrungskette erkennen. Sie sichert das Überleben der Spezies im Winter durch Nutzung der im Sommer produzierten Vorräte. Gleichzeitig erhöht sie die winterliche Umgebungstemperatur zumindest kleinräumig merklich. Der Bienenstock hat im Inneren 25°C auch dann, wenn außen Minusgrade herrschen.

Auch das Blattwerk der Pflanzen selbst dient als Ausgleichsspeicher. Der Großteil der Sonnenenergie aus dem Sommer bleibt vorerst im Blatt gespeichert. Erst im Herbst verwelkt das Blatt. Das Laub fällt dann zu Boden. Es bedeckt nun das abkühlende Erdreich und sorgt dafür, dass sich Tiere darunter warm halten können. Igel und andere Tiere suchen sich im Herbst einen Laubhaufen. Darin wollen sie den Winterschlaf überstehen. Das Laub stellt einen Wärmepolster ganz ähnlich wie die Dämmung an einem Haus dar. Es schützt vor zu starker Auskühlung des Erdreichs. Hinzu kommt auch ein gewisser Zersetzungsprozess, der dann Wärme bei der Umwandlung des Laubes in Kompost bzw. Humus ergibt. Ein gewisser Teil der sommerlichen Solarenergie dürfte letztlich in Form der Humusbildung sogar über längere Zeiträume im Boden gespeichert bleiben.



Bild 8-93 und Bild 8-94: Ein Laubhaufen neben dem Insektenhotel im Garten des Autors Mitte November. Er dient Kleintieren gerne als winterlicher Unterschlupf und Wärmeschutz. Messungen zeigen, dass im Laub die Temperatur ca. 2 Kelvin höher liegt als die Lufttemperatur.

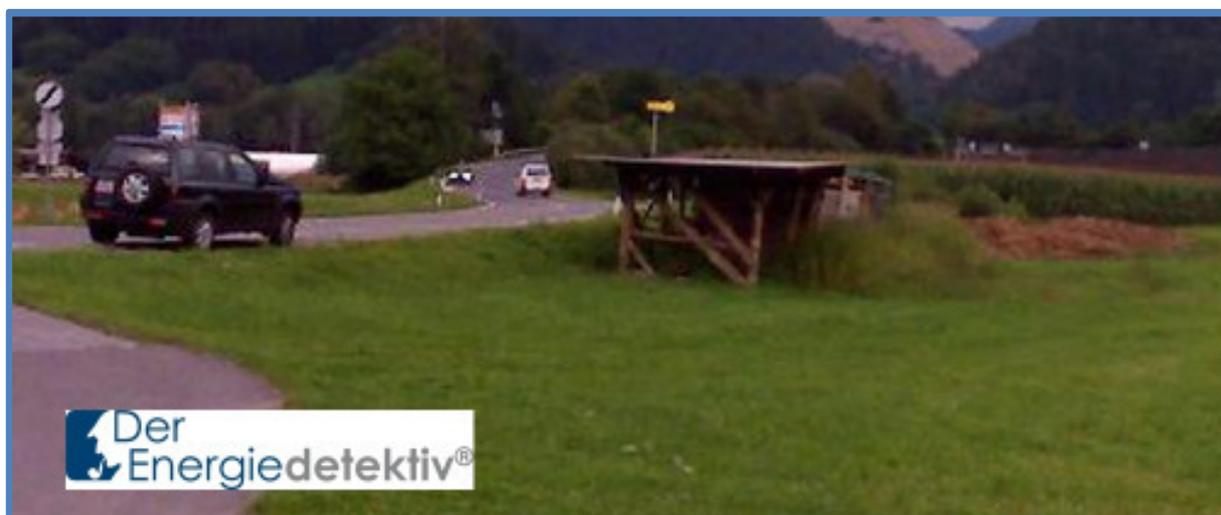
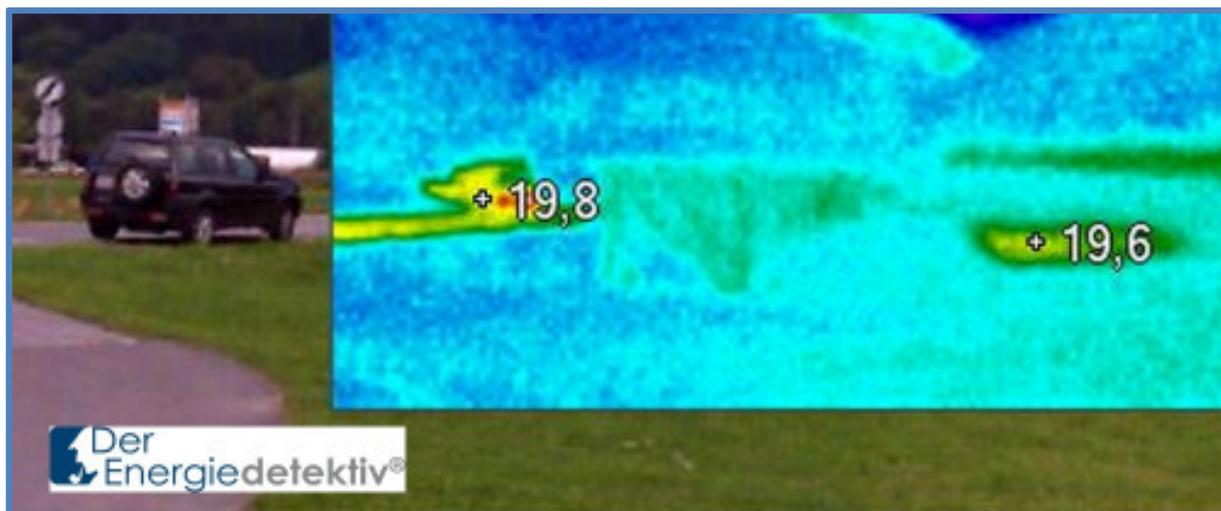


Bild 8-95: sowohl der verrottende Grünschnitt im rechten Bildteil als auch die Straße in der linken Hälfte sind im Wärmebild oben als wärmere Bereiche erkennbar. Die Temperatur liegt hier um ca. 3 Kelvin höher als im umgebenden Wiesenbereich

Insgesamt wird so eine ausgleichende Funktion sowohl in der Nahrungskette als auch im lebensrelevanten Kleinklima erreicht. Es wird das raschere und stärkere Auskühlen des Erdreichs im Winter verringert. Wärme aus dem Vorjahr dürfte dann im Zersetzungsprozess vor allem im Frühjahr hinzukommen. So kann das Leben im neuen Jahr rascher und mit ausreichend guter Nahrungs- bzw. Humusgrundlage beginnen.

Wir haben versucht den hier beschriebenen Prozess anhand vereinfachter Energieflussbilder darzustellen. Bild 8-96 zeigt die Wirkung der Sonnenstrahlung auf eine unbelastete Landschaft. Eine mögliche Teilreflexion wird dabei nicht berücksichtigt. Auch der Effekt der Verdunstung ist hier nicht inkludiert, denn dieser

wird weiter unten noch genauer erläutert. Die Einstrahlung durch die Sonne haben wir unterteilt in die direkte und die diffuse Strahlung. Beide erreichen vorerst in Bild 8-96 unbeeinträchtigt den Boden und tragen dort zur Wärmeversorgung und zum Pflanzenwachstum bei.

Die Wärmeversorgung aus der Sonnenstrahlung erzeugt unmittelbar die klimatischen Verhältnisse. Das Pflanzenwachstum versorgt andererseits die Nahrungskette, in der nun ein Teil der Sonneneinstrahlung gespeichert ist. Diese Sonnenenergie wird zeitverzögert in der Nahrungskette bei der Verdauung und Arbeitsleistung (Muskulatur) sukzessive wieder in Wärme übergeführt. Dies ist durch den bogenartigen Pfeil zwischen den Bereichen Nahrung und Wärme angedeutet.

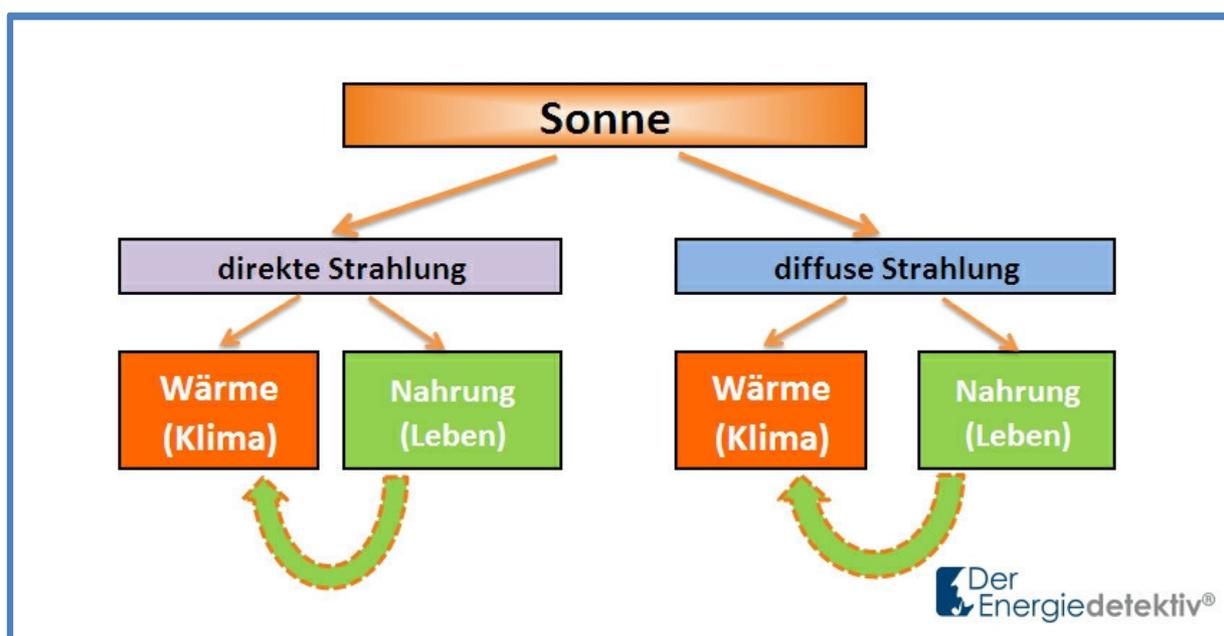


Bild 8-96: Schema zur Erläuterung der von uns dargestellten Speicherfunktion durch Pflanzenwachstum und Nahrungskette

Der wesentliche Punkt in diesem Prozess ist die zeitliche Verzögerung und Verteilung der Wärmeabgabe. Damit kann Sonnenenergie aus dem Sommer zwischengespeichert und erst später während der kalten Jahreszeit im Endprodukt als Wärme im klimatischen Prozess wirksam werden. Es ergibt sich somit eine ausgleichende Funktion zwischen Zeiten hoher Solareinstrahlung und jenen mit niedrigerer Solareinstrahlung. Das Leben bzw. die Nahrungskette stellt damit einen nicht zu unterschätzenden Solarspeicher dar.

Wenn nun diese ausgleichende Funktion in der Nahrungskette außer Kraft gesetzt wird, dann ist zu erwarten, dass die Sommer heißer werden und die Winter kälter. Die Extremwerte nehmen also zu. Dies ganz ohne den Einfluss durch Treibhausgase. Alleine durch die Verringerung der Speicherfunktion in der Nahrungskette kommt es zu einem negativen Klimaeffekt. Denn die der Nahrungskette entnommene Solarenergie wird ja nun direkt in der Solaranlage verarbeitet. Dabei entstehen Nutzenergie und Abwärme zeitgleich mit der Einstrahlung.

Wir haben weiter oben schon dargestellt, dass der Nutzungsgrad von Solaranlagen bei ca. 20% liegt. Das bedeutet, dass etwa 20 % der aufgefangenen Solarenergie in elektrischen Strom oder nutzbare Solarwärme (z.B. für die Warmwasserbereitung) umgewandelt wird. Die restlichen 80% sind meist reine Abwärme, die sofort an die Umwelt abgegeben werden.

Da es keine ausreichenden Speicher für solar erzeugte elektrische Energie gibt, muss der produzierte Strom sofort verbraucht werden. Im schlimmsten Fall wird dann sogar jemand dafür bezahlt, dass er den überschüssigen Strom gleich wieder in einer thermischen Anwendung verbrennt! So erklären sich Negativstrompreise, die heute bei Überschuss aus „erneuerbaren Energiequellen“ verrechnet werden. Ursache für negative Strompreise ist eine zu hohe Stromerzeugung aus Windenergie und/oder Solarenergie. Beispielsweise zeigt Bild 8-97 die Entwicklung des Strompreises an einem Tag im Februar 2016. Dieser Tag beginnt mit negativen Preisen und erst gegen Morgen steigt der Handelspreis an der Börse in den positiven Bereich. Das heißt, ab dann wird etwas für die Lieferung bezahlt, während davor die Abnahme, also das „Verbrennen“ von Strom honoriert wird.

Die Allgemeinheit allerdings zahlt immer für die Abnahme von Strom. Strom kann nur sehr schwer in größeren Mengen zwischengespeichert werden. Wenn der Strom ganz normal einen Computer, ein Radio oder eine Beleuchtungsanlage versorgt, entsteht daraus letztlich immer Abwärme. Im besten Fall wird mit elektrischem Strom ein Warmwasserspeicher versorgt. Dieser gibt leicht zeitverzögert beim Duschen am Abend oder in der Nacht die gespeicherte Wärme wieder an die Umwelt ab.

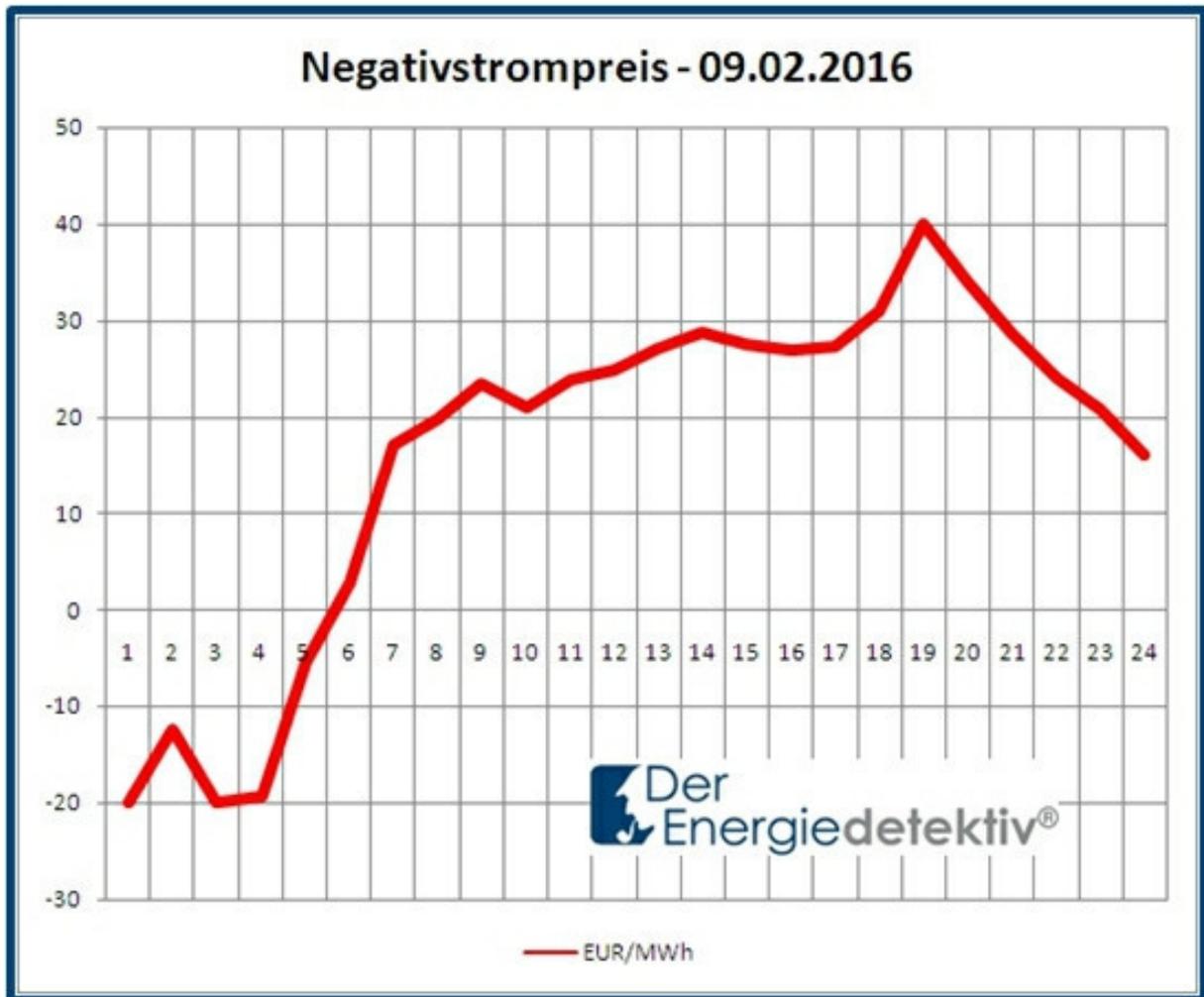


Bild 8-97: Verlauf des stündlichen Strompreises an einem Tag mit Überschuss

Wir müssen also festhalten, dass die durch die Solaranlage aufgefangene Solarenergie zu etwa 80% sofort als Abwärme die Umwelt erwärmt. Die erzeugte Nutzenergie wird im besten Fall mit nur geringer Zeitverzögerung an die Umwelt als Wärme wieder abgegeben. Jegliche von der Solaranlage aufgefangene Solarstrahlung ist damit recht kurzfristig als Abwärme in der Umwelt wirksam. Diesen Energiefluss zeigt schematisch Bild 8-98. Man vergleiche dies mit dem Bild 8-96. Die direkte Strahlung, die von der Solaranlage aufgenommen wird, wird zum überwiegenden Teil sofort in Wärme umgewandelt. Hier ist die Nahrungskette am Boden von der Versorgung durch die vorherige Energieentnahme am Kollektor (Schattenwurf) ausgeschlossen. Lediglich über den Bereich diffuses Licht erreicht Energie den Vegetationsbereich. So bleibt ein Rest der Nahrungskette, allerdings in deutlich abgeschwächtem Ausmaß, mit Verzögerungsfunktion erhalten.

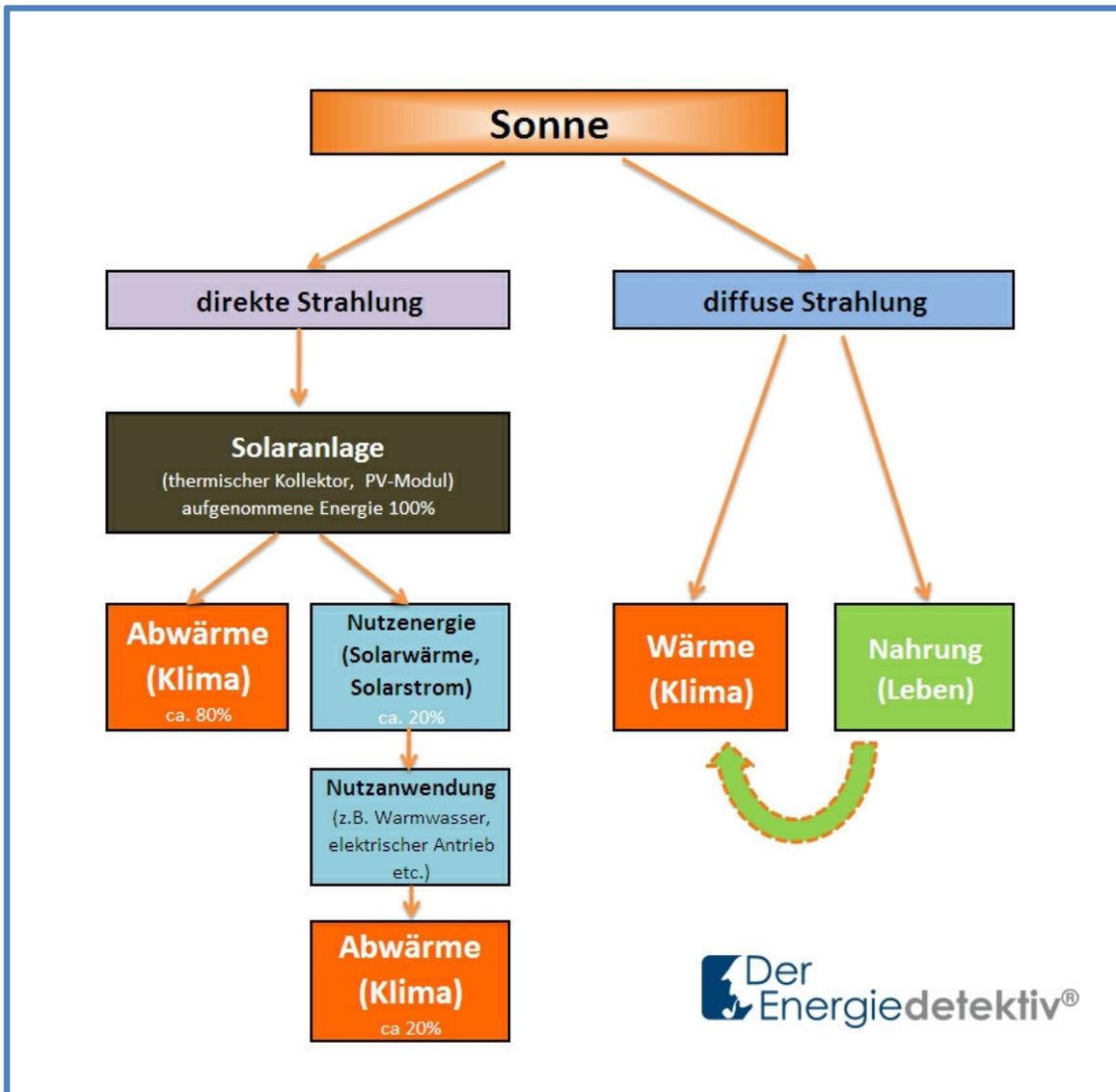


Bild 8-98: Schema zur Erläuterung des Energieflusses im Bereich einer Anlage zur direkten Nutzung der Solarstrahlung (Solarkollektor, Photovoltaikanlage)

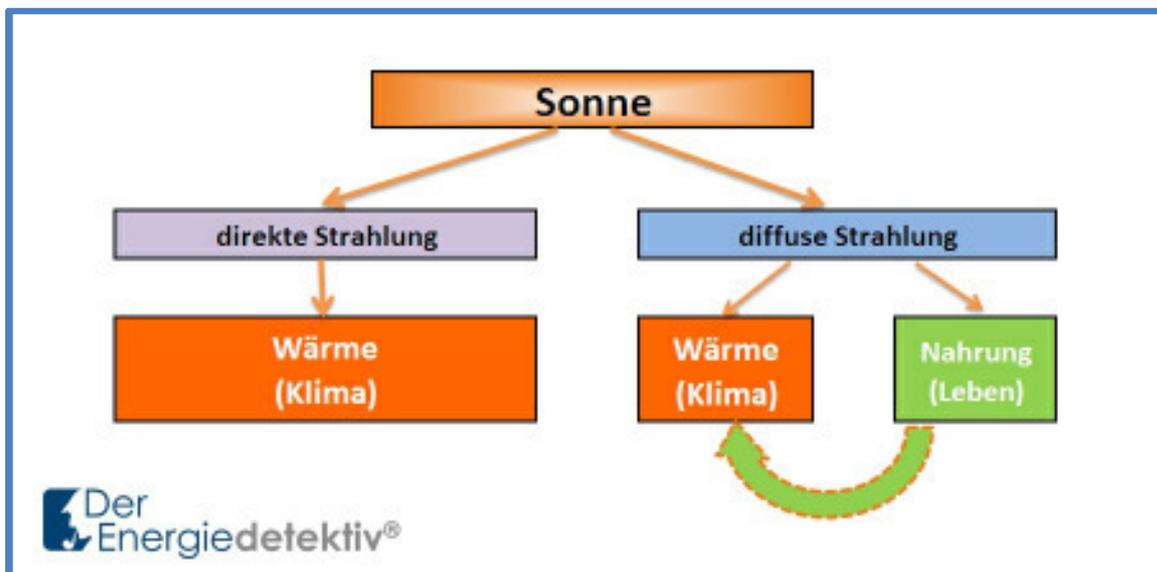


Bild 8-99: mit diesem vereinfachten Flussbild wird der Vergleich mit Bild 8-96 leichter

Diesen in Bild 8-98 dargestellten Energiefluss kann man hinsichtlich der klimatischen Auswirkungen nun eigentlich vereinfachen. Dies verdeutlicht Bild 8-99. Dieses Bild zeigt, im direkten Vergleich mit weiter oben gezeigten Bild 8-96, welche Änderung des Energieflusses in zeitlicher Hinsicht erfolgt. Als grüner Pfeil ist bogenartig der Umwandlungsprozess der Solarenergie über die Nahrungskette in Wärme dargestellt. In diesem Bogen erfolgt die zeitliche Verschiebung der Energienutzung.

Aufgrund des Fehlens von technischen Langzeitspeichern ist derzeit eine längere Speicherung von Solarenergie in größerem Ausmaß nicht möglich. Aus physikalischen und ökonomischen Gründen ist davon auszugehen, dass dies sich auch dauerhaft nicht ändern wird.

Daher müssen wir annehmen, dass auch die Abwärme aus der Nutzanwendung faktisch zeitgleich oder zumindest zeitnah mit der direkten Abwärme stattfindet. Diese direkte Abwärme entsteht in der Erzeugungsanlage (Photovoltaikanlage oder thermischer Solarkollektor) selbst. Daher entfällt für die Solaranlage eine größere zeitliche Verschiebung der Umwandlung in Wärme.

Hinzu kommt allerdings nun ein weiterer, bisher noch nicht berücksichtigter klimatisch wirksamer Zusatzeffekt. Denn die Wirksamkeit der Abwärme kann an unterschiedlichen geographischen Punkten stattfinden. Dies betrifft zuerst einmal die Nutzenergie, die ja erst am Ende ihrer Anwendungskette wieder als Abwärme die Umwelt erreicht.

Bei thermischen Solaranlagen wird die Nutzenergie meist sehr nahe bei der Erzeugung in Wärme umgesetzt. Ein thermischer Solarkollektor erzeugt Wärme, die über Warmwasserleitungen zum Nutzungspunkt transportiert wird. Hier sind üblicherweise nur kurze Strecken zu überbrücken. Daher wird die Solarwärme aus dem thermischen Sonnenkollektor meist im Haus selbst verbraucht. Ein meist relativ kleiner Warmwasserspeicher sorgt für eine relativ kurze zeitliche Verzögerung zwischen Erzeugung und Verbrauch.

In diesem Fall erfolgt die Umwandlung der Nutzenergie in Abwärme faktisch am selben Ort wie die Energiegewinnung. Es kommt daher auch nicht zu einer nennenswerten geographischen Verschiebung der Wärmewirkung.

Anders ist die Situation bei Photovoltaikanlagen. Hier wird elektrische Energie erzeugt, die über bestehende Leitungen sehr einfach über weite Strecken transportiert werden kann. Daher können der Ort der Erzeugung und der Ort der Nutzanwendung um viele hundert, ja tausend Kilometer von einander entfernt sein.

Die Übertragung von elektrischer Energie über derart weite Strecken findet zwar ohne wesentliche zeitliche Verzögerung statt. Sie führt aber nun dazu, dass die aus der Nutzenergie sich ergebende Abwärme an ganz anderen geographischen Orten wirksam wird. Üblicherweise wird zwar Solarstrom auf Freiflächen außerhalb der großen Städte erzeugt, aber dann in Zentralräume transportiert.

Das bedeutet, dass anzunehmen ist, dass in sehr vielen Fällen die klimatische Wirksamkeit der Abwärme aus Nutzenergie fernab der Photovoltaikanlage in Städten auftritt. Nun sind derartige Zentralräume aufgrund deren Struktur meist bereits wärmere Regionen.

Allerdings bleibt es nun völlig egal, aus welcher Art der Erzeugung die in der Stadt genutzte elektrische Energie stammt. Die Wirksamkeit der Abwärme bleibt unbeeinflusst von der Art der Erzeugung. Mit anderen Worten, in der Stadt ist es klimatisch egal, ob der elektrische Strom aus einer Photovoltaikanlage oder einem Kernkraftwerk kommt. Die bei der Nutzenergie entstehende Abwärme ist einfach eine Wärmebelastung an diesem Ort. Derartige Zentralräume sind im Allgemeinen schon Bereiche mit höheren Temperaturwerten. Dies hat natürlich mehrere Ursachen.

Umgekehrt fehlt die Abwärme aus der Nutzenergie nun am Erzeugungsort. Ohne den Energietransport durch Überlandleitungen erfolgt das Freiwerden der Abwärme durch Nutzenergie geographisch am gleichen Ort. Mit Übertragung von Nutzenergie über größere Strecken hingegen wird diese Abwärme an anderen Orten wirksam, womit sich insgesamt eine geringere Abwärme am Erzeugungsort einstellt.

Wir können daher festhalten, dass es bei elektrischer Solarenergie auch zu einer geographischen Verschiebung der Klimawirksamkeit der resultierenden Abwärme kommt. Man könnte es zusammenfassend und vereinfachend wahrscheinlich recht salopp so beschreiben: bei einer Photovoltaikanlage wird die klimawirksame Wärme von der grünen Wiese in die städtischen Zentren verschoben. Fehlt hingegen die

Photovoltaikanlage auf der grünen Wiese wird diese klimawirksame Wärme der Nutzenergie über die Nahrungskette zeitlich in kältere Perioden verschoben. Eine geographische Verschiebung erfolgt nur im lokalen Rahmen der Nahrungskette. In Summe sorgt die zeitliche Ausgleichsfunktion der Nahrungskette für ein ausgeglicheneres Kleinklima vor Ort. Die geographische Verschiebung der Nutzenergie bei Photovoltaikanlagen hingegen versorgt zeitgleich die klimatisch belasteten städtischen Regionen während am Ort der Energieerzeugung diese Wärmebelastung ausbleibt. Wir haben versucht diesen Unterschied zwischen geographischer und zeitlicher Verschiebung schematisch noch in Bild 8-100 bzw. Bild 101 zu verdeutlichen.

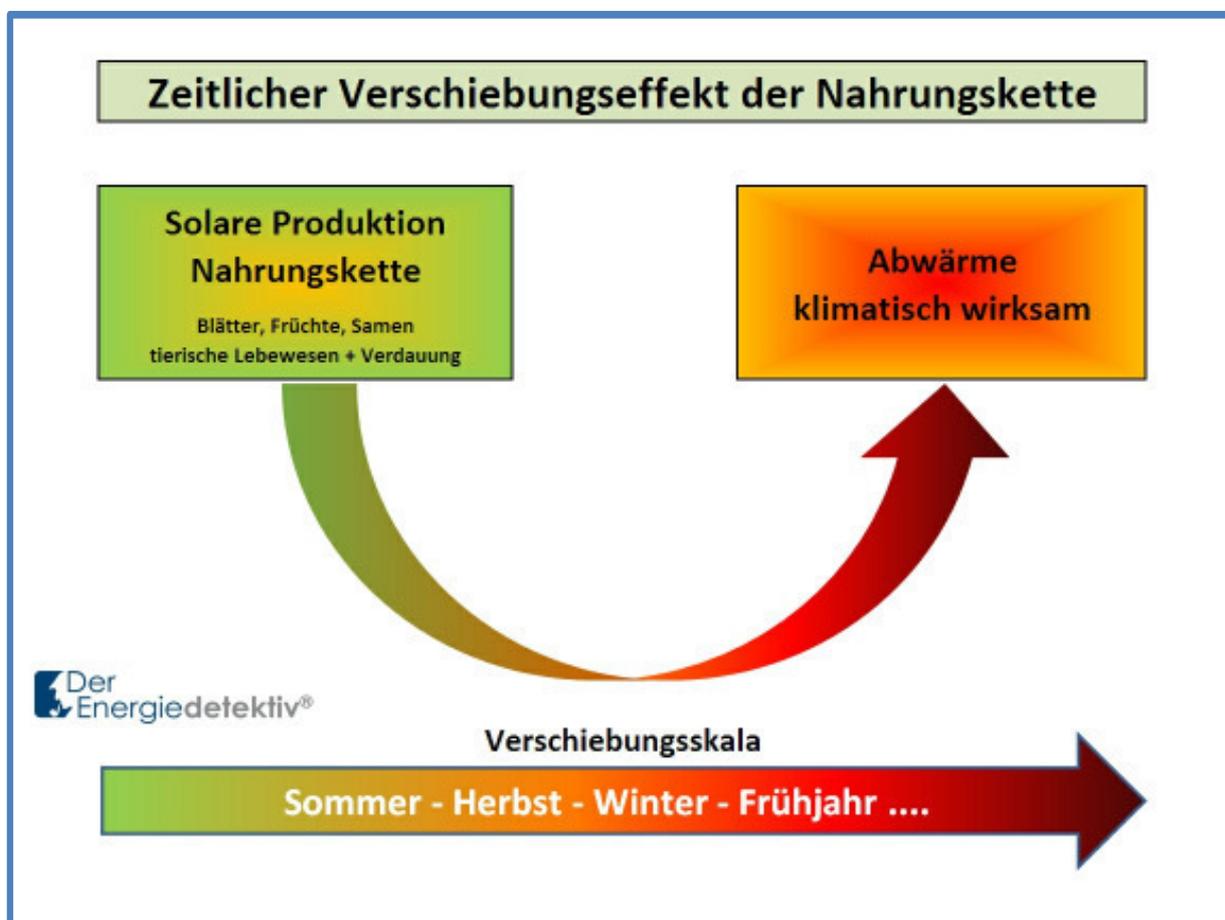


Bild 8-100: schematische Darstellung der zeitlichen Verschiebbarkeit der Wirksamkeit der Abwärme aus Solarenergie durch natürliche Solarspeicher

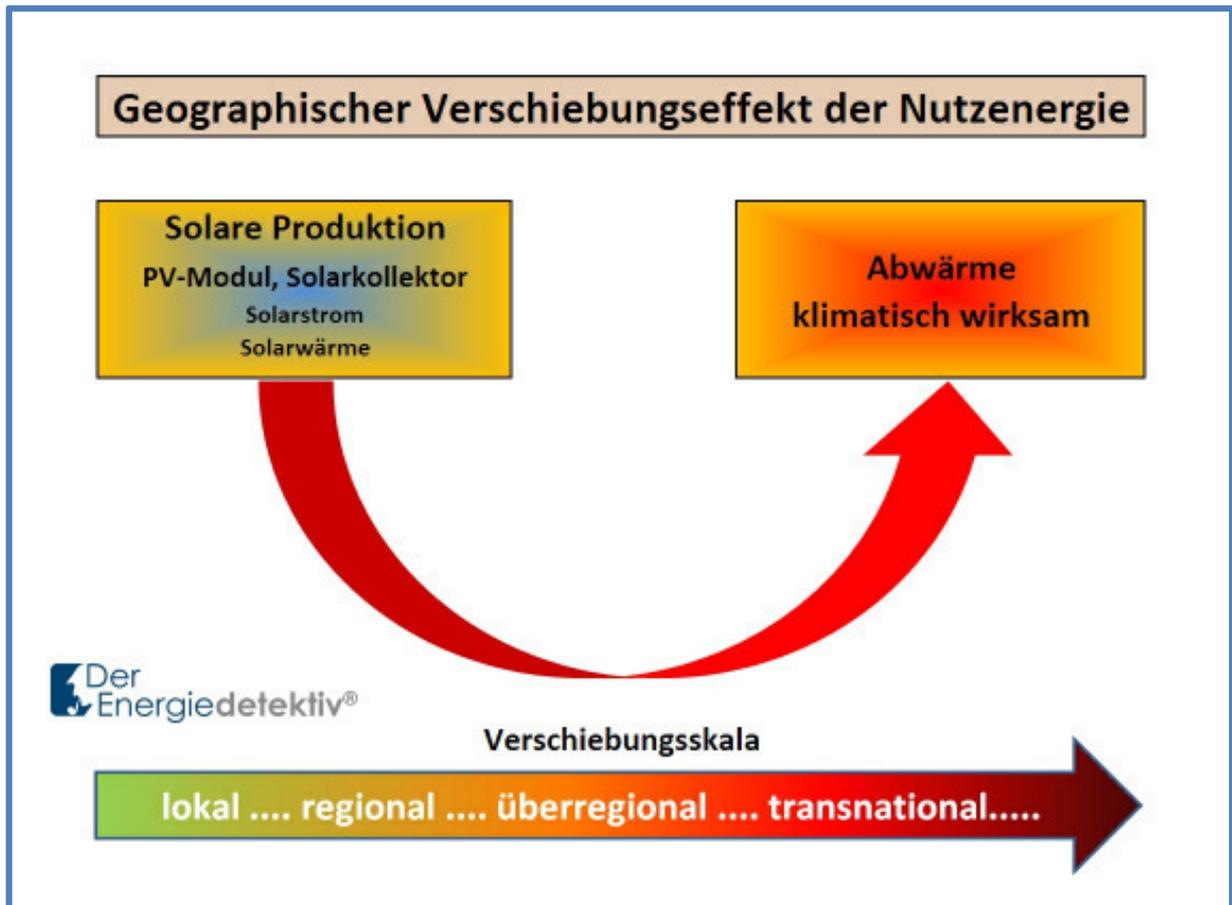


Bild 8-101: schematische Darstellung der geographischen Verschiebbarkeit der Wirksamkeit der Abwärme aus Solarenergie

Wir werden weiter unten noch sehen, dass auch die direkte Abwärme, die am Solarfeld selbst entsteht, einen ähnlichen überraschenden Zusatzeffekt aufweist und an anderer Stelle wirksam wird. Dies wird aber erst weiter unten in einem eigenen Abschnitt dargestellt.

Manchen mag es nun überraschen, dass die in der Nahrungskette gespeicherte Solarenergie eine ausgleichende und gleichzeitig lebensrettende Funktion erfüllt. Es gehört wohl zu den seltsamsten Widersprüchen der Energiewende, dass man verzweifelt nach Speichermöglichkeiten für Solarstrom sucht, während man gar nicht wahrnimmt, dass der vorhandene ganz natürliche Speicher der Biologie außer Kraft gesetzt wird.

Wir können diesen Einfluss auf das Klima derzeit beobachtend und analysierend beschreiben. Leider können wir ihn nur schwer genauer quantifizieren. Dies liegt daran, dass sich der Gesamteffekt auf eine Vielzahl von Lebewesen und Speichersystemen in der Nahrungskette verteilt. Damit wird der jeweilige Effekt am einzelnen Lebewesen sehr schwer nachweisbar. Schließlich sind im betroffenen Bodenbereich unzählige Kleinlebewesen betroffen.

In Zusammenhang mit Bienen oder dem Igel unter der Laubschicht haben wir hoffentlich den Effekt verständlich und wahrnehmbar erläutern können. Unsere eigenen Messungen zeigen zumindest lokal einen recht hohen Einfluss. Beispielsweise durch die Dämmfunktion der Laubschicht. Hier zeigen die bisher von uns vorgenommenen Messungen, dass dieser Effekt beim Kleinklima nicht zu vernachlässigen ist. Es handelt sich zwar nicht um lokal vorhandene großtechnische Leistungen. Für das betroffene Kleinklima spielen diese Effekte ab sicher eine bedeutende Rolle. Aus Sicht des Igels (s.o. Dokumentation in Bild 8-93 und 8-94) im Winterschlaf wird sein persönliches 2-Grad-Ziel beim Klimaschutz ideal erreicht! In ähnlicher Weise ist diese schützende Funktion wohl für das gesamte Leben im Bodenbereich gültig.

Wir werden auf die Frage des Energieaustausches zwischen Bodenbereich und Atmosphäre noch später näher eingehen. Hier ergibt sich dann eine zusätzliche, das Klima beeinflussende Funktion, die wesentlich von der am Boden aufliegenden Wärmedämmung bestimmt werden kann. Laub und sonstige Biomasse spielen dabei neben anderen Faktoren eine große Rolle.

8.12.2. Geringere Kühlfunktion und Wasserhaushalt

Beim Klimateffekt der direkten Nutzung der Solarenergie kommt leider ein weiterer Effekt negativ hinzu. Denn die Vegetation sorgt, wie wir ja oben schon dargestellt haben, für die Kühlfunktion in der irdischen Klimaanlage. Durch Verdunstung von Wasser am warmen Erdboden erfolgt ein Wärmetransport vom Boden in höhere atmosphärische Schichten. Dort bilden sich Wolken, die nun ihrerseits das Durchdringen der Solarstrahlung zum Erdboden (Schattenwurf) mildern.

Das kann man leicht nachvollziehen: Denken Sie an einen Tag, an dem Sie gemütlich in der Sonne liegen. Wenn dann eine Wolke über die strahlende Sonne zieht, fühlen Sie sofort eine merkliche Abkühlung. Die durchziehende Wolke verringert die direkte Wärmestrahlung auf Ihren Körper. Diese Wärme fehlt Ihnen nun. Es wird Ihnen etwas kälter. Die Wolke, bzw. der Wasserdampf darin nimmt diese Wärme auf, soweit sie nicht reflektiert wird.

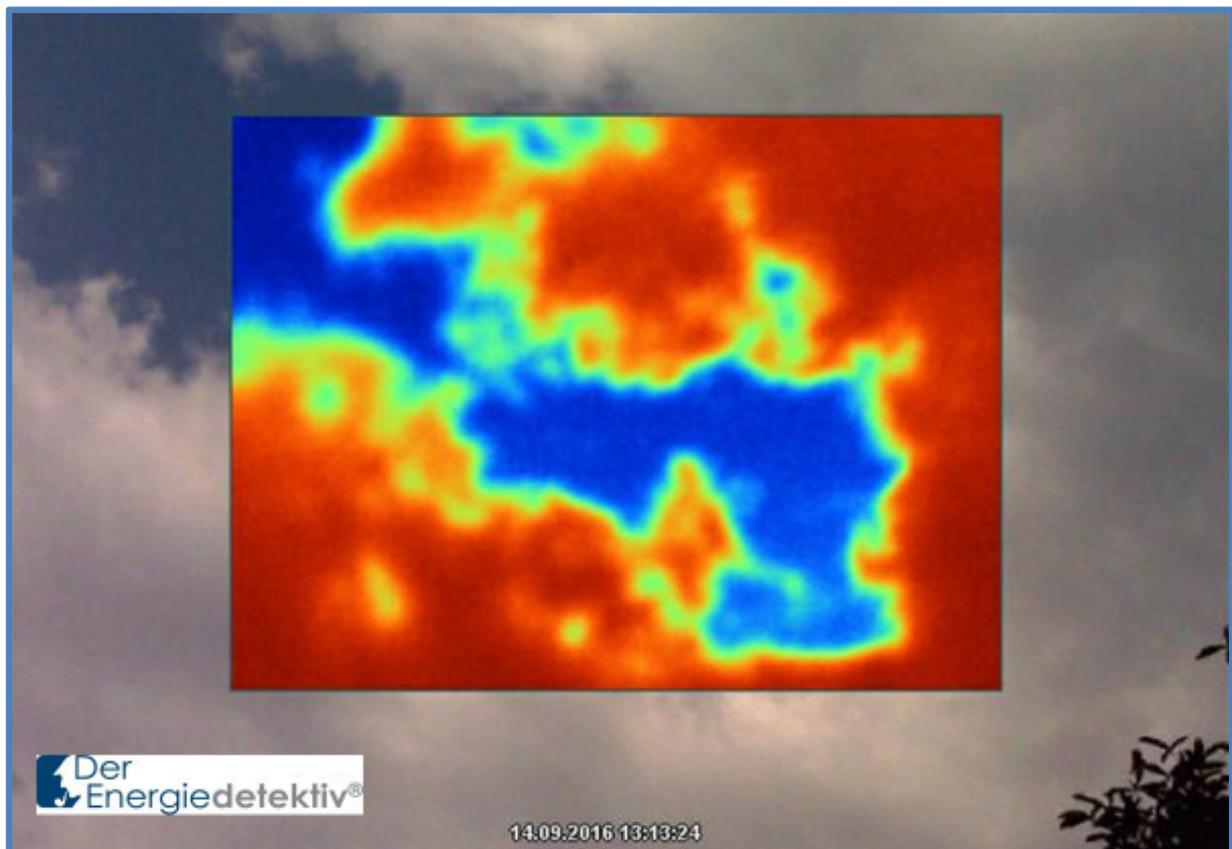


Bild 8-102: Wolken sind quasi am Himmel die Wasseransammlung des am Boden verdunsteten Wassers. Sie haben Wärme gespeichert. In diesem Wärmebild ist dies gegenüber dem wolkenfreien, blauen Himmel farblich klar erkennbar

Die Schwächung der Sonnenstrahlung durch Nebel oder Wolken ermöglicht übrigens in seltenen Fällen mit freiem Auge direkt in die Sonne zu blicken. Bild 8-103 dokumentiert einen solchen Fall. Mit einer Spiegelreflexkamera mit Teleobjektiv wurde hier direkt die Sonne fotografiert. Würde man dies bei klarem Himmel tun, wäre sofortige Erblindung die Folge. Nur der Wasserdampf am Himmel (Nebel, Wolken) wirkt wie ein Filter. Er schwächt die Energie der Sonne so weit ab, dass dieses Foto gefahrlos möglich war. Kurz danach entstanden die Bilder 8-104 und Bild 8-105. Der Vergleich der beiden Bilder aus einer Wärmebildkamera zeigt die Strahlungsverhältnisse.



Bild 8-103: dieses Bild der Sonne war möglich, da Nebel die Sonnenstrahlung soweit schwächte, dass der direkte Blick auf die Sonne für Fotograf und Spiegelreflexkamera gefahrlos war.

Diese Bilder sollten die Filter- bzw. Schattenfunktion der Wolken am Himmel klar machen. Sonnenstrahlung wird durch Wolken abgeschwächt. Darum ist es bei Bewölkung ja auch dunkler. Die Sonnenenergie wird in der Wolke aufgefangen, womit am Boden weniger Licht bzw. Energie ankommt.

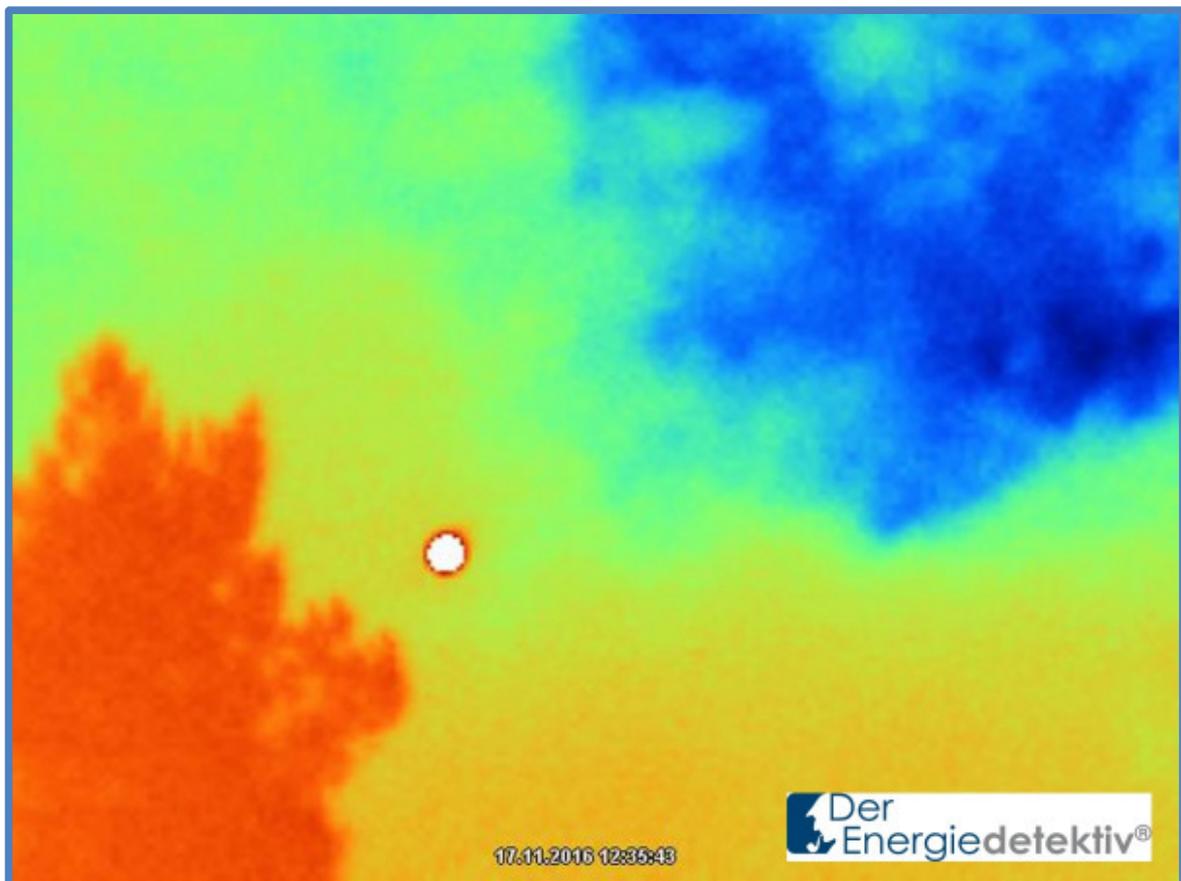


Bild 8-104 und 8-105: Kurz nach dem direkten Foto der Sonne (Bild 8-102) wurden diese Bilder mit einer Wärmebildkamera erstellt

Hinzu kommt noch ein weiterer Effekt der Wolkenbildung, der die Überhitzung im bodennahen Bereich verringert. Denn Wolken haben ein größeres Reflexionsvermögen als der Boden. Dieses Reflexionsvermögen wird auch als Albedo bezeichnet. Eine höhere Reflexion der Sonnenstrahlung verringert direkt die Wärmebelastung der Erde. Nach [7-6] liegt das Reflexionsvermögen von Stratuswolken bei 50-60%. Das von Cumuluswolken erreicht sogar 70 – 90%. Dagegen beträgt das Reflexionsvermögen von Grasflächen nur ca. 10 – 20%. Die menschlich erzeugten Asphaltflächen haben einen Wert zwischen 5 – 10 Prozent. Damit verringert die Wolkenbildung den Energieeintrag ganz wesentlich.

Die Wolken selbst entstehen in Folge der Verdunstung von Wasser am Boden. Zur Verdunstung wird dem Boden Wärme entzogen. Sowohl Verdunstung als auch Abschattung und das erhöhte Reflexionsvermögen durch Wolken sind wesentlicher Bestandteil des direkten Kühlsystems in Bodennähe. Die Wärmebelastung am Boden wird so verringert. Jeder Eingriff in diesen Zusammenhang zwischen Vegetation und Wolken muss zu einem veränderten regionalen Kleinklima führen.

Andererseits trägt die Verdunstung zum Wärmetransport über Wolken in höhere Schichten der Atmosphäre bei. Dies beeinflusst somit auch die gesamte Energiebilanz der Erde durch Wärmeabgabe nach außen. Verdunstung und Wolkenbildung sorgen damit quasi dafür, dass die Verluste hoch genug sind, damit es zu keiner Überhitzung im bodennahen Bereich kommt.

Der hier beschriebene Wasserkreislauf stellt damit eine Kühlfunktion für den Erdboden sicher. Die Vegetation samt Bodenbereich ist dabei sozusagen das regelnde Stellglied dieses Kühlsystems. Diese beiden Faktoren – Vegetation und Boden - entscheiden somit wie gut die ausgleichende Kühlfunktion eingestellt ist. Denn ohne diese kommt es bei Sonneneinstrahlung am Tag zu Extremhitze und zur raschen Abkühlung auf recht niedrige Temperaturen in der Nacht.

Das ist die typische Situation in Wüstenregionen. So liegen die Temperaturen in der Sahara tagsüber bei bis zu 50 oder 60°C. In der Nacht können diese um 30 Grad fallen. Ein Fehlen der ausgleichenden Vegetation führt nicht nur zu größerer Hitze, sondern erhöht die Temperaturschwankungen.

Die Vegetation am Boden hat also eine ausgleichende klimatische Wirkung. Dies gilt natürlich auch für den Wasserhaushalt. Trifft das Regenwasser bei einem Gewitter auf heißen, aber kahlen Boden, dann wird sofort ein Teil verdunsten. Der andere Teil jedoch, der nicht verdunsten kann, wird zu Überschwemmungen führen. Insbesondere dann, wenn die Aufnahmekapazität des Bodens gering ist. Ein hoher Humusanteil und gute Durchwurzelung wirken positiv auf die Wasseraufnahmekapazität. Ein humoser Boden wirkt wie ein Schwamm. Landschaftsarchitekten empfehlen daher als obersten Grundsatz für die Möglichkeiten des Regenwassermanagements die oberflächliche Versickerung über humusierten, begrünten Boden. [8-25]. Andererseits kann man an Böden ohne größere Humusschichten rasch den Sättigungseffekt feststellen.

Der Autor konnte beispielsweise die Situation in einem Wohngebiet der Stadt Graz recht genau und über längere Zeit beobachten. Der hier vorhandene Lehmboden hat nur geringe Aufnahmekapazität. Bei länger anhaltendem Regen kommt es rasch zur Sättigung. Danach folgende zusätzliche Regenfälle führen auch bei relativ kleinen Mengen zu Überschwemmungen.

Hier soll uns aber vorerst nur die Frage des Klimas selbst interessieren. Die Bodenbeschaffenheit hat wesentlichen Einfluss auf die Kühlung durch die Vegetation. Trifft der Niederschlag auf einen gut bewachsenen Boden, so wird das Erdreich eine große Menge an Niederschlag aufnehmen können. Die Pflanzen werden dann in der Folge dieses Wasser zeitverzögert über Verdunstung wieder abgeben.

Bewuchs und Boden können in dieser Hinsicht nicht getrennt voneinander betrachtet werden. Sie ergeben zwei positive Effekte. Der Bewuchs führt einerseits mit der sich damit ergebenden natürlichen Humusschicht (Nahrungskette) zu einer Speicherfunktion für den Niederschlag. So können Überschwemmungen vermieden werden. Andererseits ist dann aber auch ausreichend Wasser im Boden gespeichert vorhanden, sodass die Pflanzen auch bei Trockenperioden versorgt werden können.



Bild 8-106 und 8-107: Hangwasserproblematik verbunden mit Lehmböden in Graz, der Humusgehalt und Vegetation sind entscheidend für die Aufnahmekapazität des Bodens bei Regenfällen. Lehmböden mit geringem Humusanteil sind schnell gesättigt und führen zu Überschwemmungsgefahr.

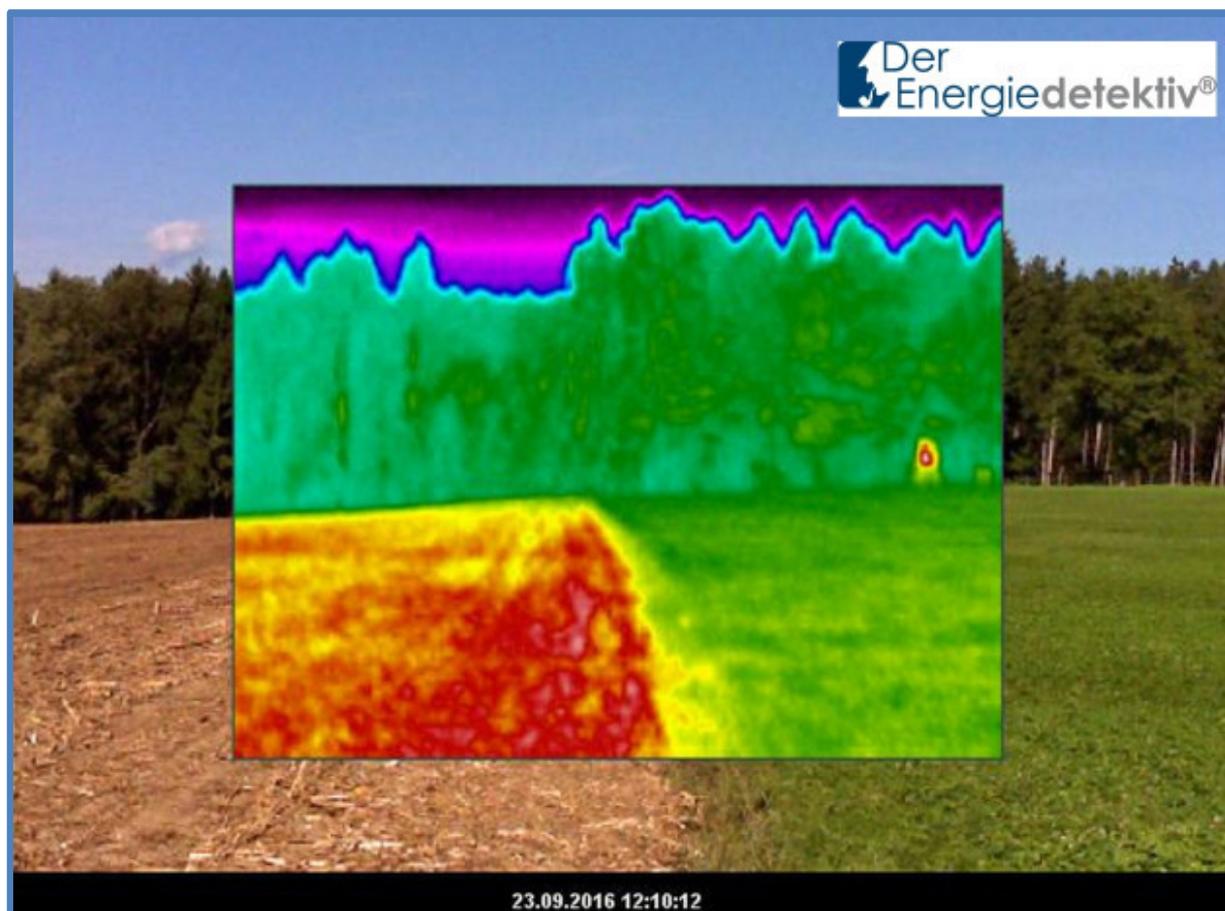
Bei Verdunstung ergibt sich immer eine kühlende Funktion. Damit sorgen der Bewuchs und die Wasserspeicherung im Humus für eine laufende, zeitlich vernünftig verteilte Kühlfunktion. Das Kleinklima in Bodennähe ist ganz wesentlich bestimmt durch diese Kühlfunktion der Vegetation. Die direkte Nutzung von Solarenergie über Grünflächen kann dabei zu wesentlichen Änderungen und klimatischen Belastungen führen.

Durch Solaranlagen im Freiland wird, wie wir weiter oben dokumentiert haben, die Verteilung des Niederschlags geändert. An bestimmten Stellen kommt es zu einer erhöhten Belastung durch Niederschläge. An anderen Stellen (im Niederschlagsschatten der Solarmodule) hingegen fehlt der Niederschlag. Gleichzeitig ist das Wachstum der Pflanzen aufgrund geringerer Versorgung mit Lichtnahrung verringert.

Beide Effekte zusammen verringern damit die Kühlfunktion der Vegetation. Der lokal stärker auftretende Niederschlag kann dann wohl schwerer im Erdreich zwischengespeichert werden. Dies sorgt dann wahrscheinlich auch für größere Abflussmengen an der Oberfläche bis zur Gefahr von Überschwemmungen. Wenn der Niederschlag nur in geringerer Menge im Boden gespeichert werden kann, wird der übrige Abfluss an der Oberfläche erfolgen. Es wird dann mehr Wasser über Bäche und Flüsse abfließen. Letztlich wird dieses Wasser damit an ganz anderen Stellen verdunsten als davor. Im Extremfall kann eine größere Anzahl an Regentropfen dann eben nicht in der Wiese direkt über das Blattwerk der Vegetation verdunsten, sondern fließt über Bäche und Flüsse bis zum Meer. Es wird dann dort, vielleicht einige tausend Kilometer weiter verdunsten. Somit ergibt sich auch eine geographische Verschiebung der Kühlfunktion durch Verdunstung.

Die Verdunstung von Regenwasser an intakten und gut bewachsenen Flächen ist eine zentrale Funktion zur Regulierung des Kleinklimas. Dies macht Bild 8-108 nochmals sichtbar. Hier begegnen uns drei Arten der Vegetation im Freiland. Vorne links befindet sich ein abgeernteter Acker. Rechts davon ist eine Wiese und im Hintergrund erstreckt sich ein Wald. Wie unschwer aus dem Wärmebild erkennbar ist, ist der linke, faktisch nackte Boden wesentlich wärmer als die bewachsenen Bereiche. Die genauere Auswertung zeigt dann den großen Unterschied. Das

Kleinklima auf der Wiese ist deutlich angenehmer. Die Temperatur liegt auf der Wiese um 8 bis 10 Grad niedriger als am Acker.



*Bild 8-108: Bewuchs und Verdunstung entscheiden ganz wesentlich das Kleinklima.
Das Wärmebild zeigt dies im Vergleich von Wald, Wiese und Acker.*

Unsere Beobachtungen zeigen, wie wichtig die Kühlfunktion der Verdunstung über den Bewuchs für das Kleinklima ist. Dieses Kleinklima wird natürlich beeinträchtigt, wenn der Bewuchs bzw. der Wasserhaushalt des Bodens beeinträchtigt werden. Beide Situationen sind in Zusammenhang mit Solaranlagen im Freiland zu erwarten.

Solarflächen über Grünland führen zu Nebeneffekten aufgrund der Änderung in der Energieverteilung und in der Verteilung von Niederschlägen. In Bild 8-109 haben wir versucht, die in diesem Kapitel diskutierten klimawirksamen Effekte beim Wasserkreislauf schematisch zusammenzufassen.

Potential für lokale Klimaänderung Kühlung und Wasserkreislauf

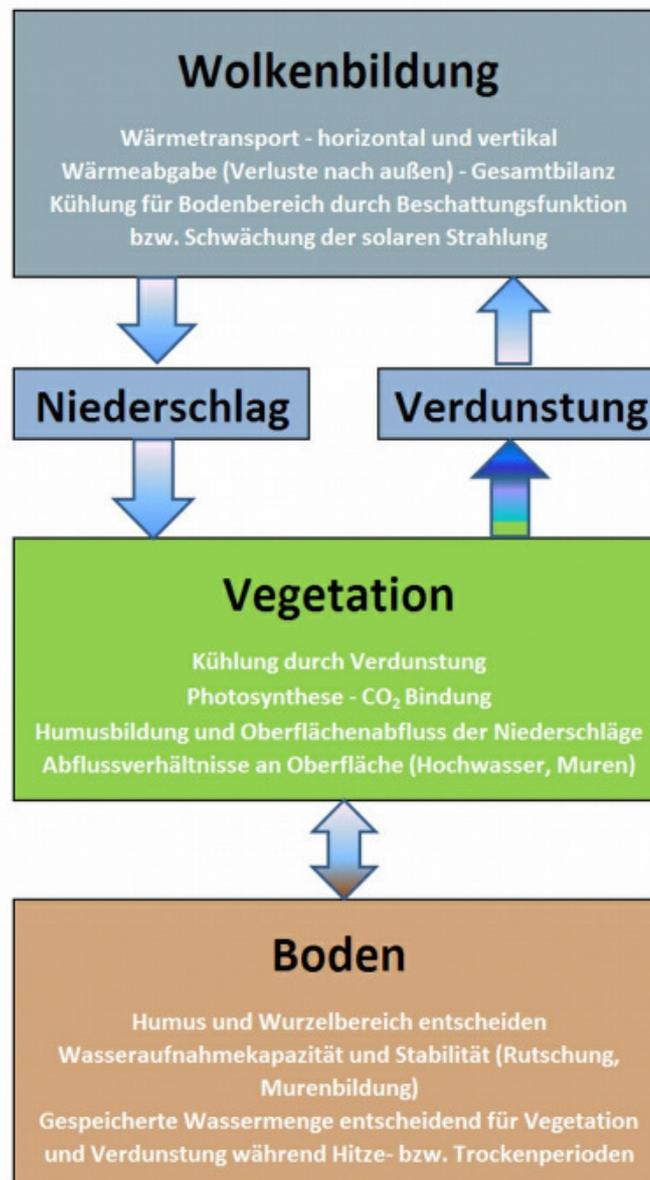


Bild 8-109: Schema zur Erläuterung des Potentials an möglichen Änderungen des Kleinklimas am Boden in den Bereichen Kühlung und Wasserhaushalt

Wir haben ergänzend noch versucht, rechnerisch die Größenordnung des möglichen Einflusses abzugrenzen. Auch hier helfen wir uns einfach durch eine grobe Abschätzung anhand der eigenen Messungen. Wir hatten festgestellt, dass an unserem Solarmodell im Schattenbereich nur etwa 43% der Erntemenge an Heu im besonnten Bereich vorlag. Die Studie [7-8] führt u.a. durchschnittliche Werte für den Wasserhaushalt an. Hier wird ein Wert von 371 Liter pro Jahr als Gesamtverdunstung der Grasvegetation angegeben.

Wir wollen mit dieser Angabe den Verlust an Kühlwirkung zumindest näherungsweise abschätzen. Dazu gehen wir vereinfachend davon aus, dass die Verdunstung direkt mit der reduzierten Heumenge zusammenhängt. Das würde bedeuten, dass dann die verdunstete Wassermenge um 57% geringer ausfällt.

In Tabelle 7-14 hatten wir die Verdunstungsmengen bereits in Energieeinheiten umgerechnet. Danach würde der Kühleffekt nun um 144,8 kWh/m² geringer ausfallen. Konzentriert sich die Verdunstung auf die Monate April bis Oktober, würde das die Kühlleistung etwa um 29 Watt pro Quadratmeter senken. Beide Werte wären in durchaus beachtlicher Größenordnung.

8.12.3. Verstärkung der Wärmestrahlung

Wir müssen vorab gestehen, dass wir diesen Punkt selbst lange Zeit übersehen hatten. Für uns war klar, dass die der Nahrungskette entnommene Energie irgendwelche Nebenwirkungen haben würde. Mit der direkten Nutzung der Sonnenenergie ist natürlich eine Umverteilung lebenswichtiger Sonnenenergie verbunden. Es war somit zu erwarten, dass das Leben und die Nahrungskette durch diese Umverteilung beeinträchtigt sein würden. Wir hatten dabei allerdings das Ausmaß der Umverteilung von Sonnenenergie noch nicht vollständig durchblickt. Unser Blick galt nämlich in erster Linie dem Schattenbereich und dem sich verändernden Leben am Boden. Jetzt wird es aber Zeit auch zum Himmel zu blicken.



*Bild 8-110: das Kleinklima vor Kollektorfeldern auf Flachdächern fördert
offenbar das Wachstum der Pflanzen*

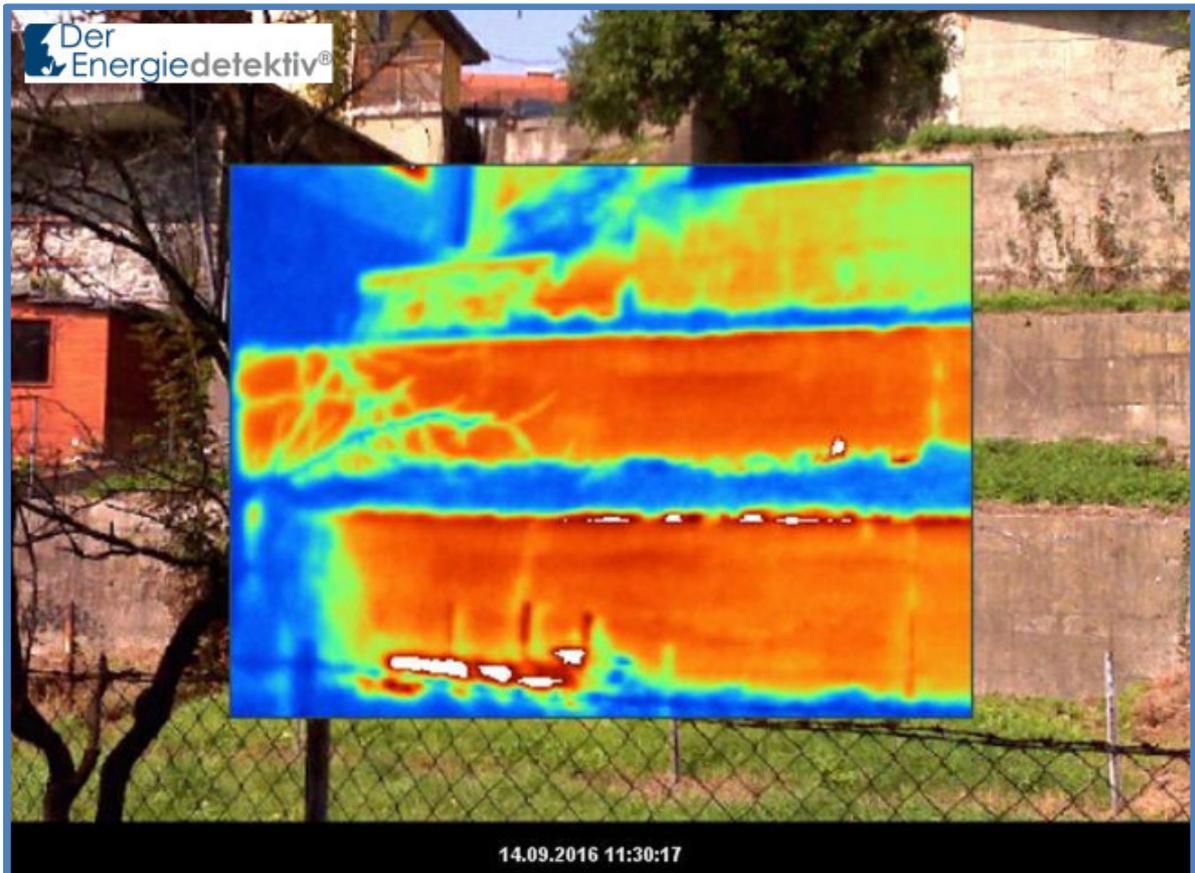
Ausgangspunkt für uns, die nun zu beschreibende Nebenwirkung wahrzunehmen, waren eigentlich die Beobachtungen des Bewuchses an Solaranlagen. Geschildert wurde dies schon weiter oben in Zusammenhang mit den Bildern 8-15 bis 8-17. Es zeigt sich nämlich, dass bei Solaranlagen auf Flachdächern der Bewuchs zwischen den geneigten Solarkollektoren besonders ausgeprägt ist. Direkt vor einer

Solarfläche herrscht ein Kleinklima, dass das Wachstum fördert. Dies ist beispielsweise in Bild 8-110 erkennbar.

Für den Effekt, dass vor einer Solarfläche das Wachstum besonders ausgeprägt ist, dürften mehrere Effekte verantwortlich sein. So ist die Wasserversorgung in diesem Bereich höher, da das auf die Solaranlage treffende Wasser hier konzentriert den Boden erreicht. Wesentlich dürfte aber auch die höhere Temperatur in diesem Bereich sein. Da ja nur ein Teil der Solarstrahlung von der Solaranlage in Nutzenergie umgewandelt und abgeführt wird, ist die restliche empfangene Energie als Wärme wirksam. Diese Wärme wird von der Anlage nun an die Umwelt abgegeben. Diese Abwärme sorgt dafür, dass das Kleinklima wärmer wird. Das kann das Pflanzenwachstum fördern, sofern ausreichend Licht gegeben ist. Im Prinzip ist dieser Effekt ähnlich einer schon lange im Gartenbau verwendeten Methode. Man setzt sensible Pflanzen vor Mauern (s. Bild 8-111) oder baut im fallenden Gelände südgerichtete Terrassen (s. Bild 8-112 und 8-113). Alle diese Konstruktionsweisen führen dazu, dass der Pflanze mehr Wärme und Licht zur Verfügung stehen.



Bild 8-111: der geschützte Platz vor einer Wand ist für Obstbäume sehr begehrt. Die Speicherefähigkeit der Mauer, die Reflexion des Lichts und der Windschutz sorgen für ein wachstumsförderndes Kleinklima



*Bild 8-112 und 8-113: Südgerichteter älterer Terrassenbau in Frohnleiten/Steiermark.
Das Wärmebild macht die Funktionsweise des Terrassenbaus erkennbar*

Die Frage ob Wärme oder Licht favorisiert werden, wird durch die Farbgestaltung entschieden. Dunkle Oberflächen absorbieren das Licht und emittieren vor allem Wärmestrahlung. Dies kann man an den Bildern des Terrassenbaus (Bild 8-112 und Bild 8-113) gut feststellen. Bild 8-114 zeigt ein weiteres Wärmebild.

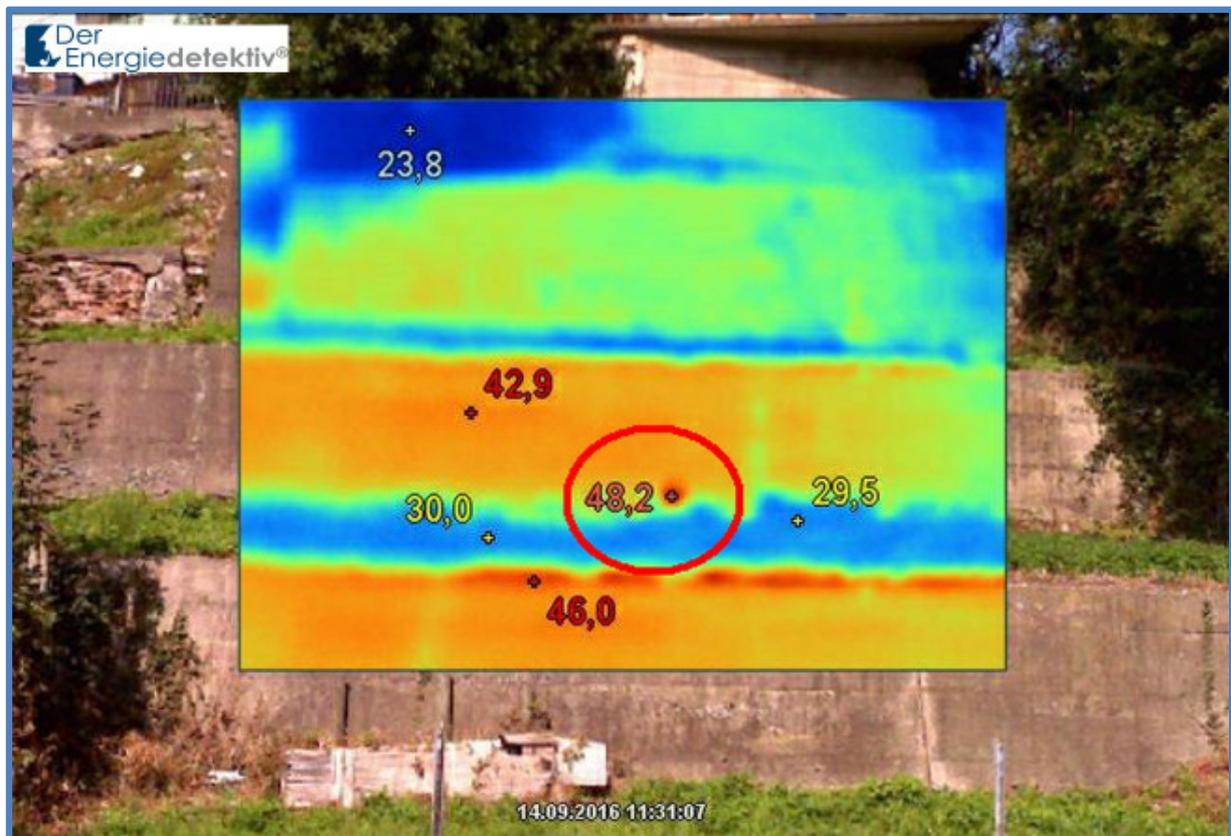


Bild 8-114: ein weiteres Wärmebild dieses Terrassenbaus. Einzelne Temperaturwerte sind markiert. Erkennbar ist der Wärmenutzen der Betonmauern für die Pflanzbereiche. In der Mitte des Bildes ist der höchste Temperaturwert markiert

Hier sind einzelne Temperaturwerte eingetragen. Man erkennt, dass die Betonmauern eine etwa 12 bis 15 Grad wärmere Oberfläche haben als die Grünbereiche. Das Bild entstand Mitte September. Im Hochsommer würden sich wohl noch größere Temperaturunterschiede ergeben.

In der Mitte des Bildes ist zusätzlich der wärmste Punkt mit 48,2°C markiert. Er liegt fast 20 Grad höher als der angrenzende Grünbereich. An der optischen Detailaufnahme in Bild 8-115 wird dann die Ursache für diese Höchsttemperatur von 48,2°C erkennbar. Ein alter Pflanztopf aus schwarzem Kunststoff liegt umgedreht im Garten. Er ist sozusagen der „Hotspot“. Dank der schwarzen Oberfläche absorbiert

er die meiste Sonnenenergie. Die dann im Wärmebild in Form der maximalen Wärmestrahlung sichtbar wird. Zu der hohen Temperatur dieses Topfes trägt auch bei, dass die absorbierende Fläche keinen direkten Kontakt mit dem Erdreich hat. Wärme kann daher nicht ins Erdreich abgeführt werden, Erst eine erhöhte Strahlungstemperatur führt dann zum energetischen Gleichgewicht zwischen Einstrahlung und Wärmeabgabe.



Bild 8-115: in der Detailaufnahme wird klar was den heißesten Punkt in Bild 8-114 verursacht. Es ist ein alter Pflanztopf aus schwarzem Kunststoff. Er absorbiert die meiste Energie, die dann als Infrarotstrahlung im Wärmebild sichtbar wird

Dieser Zusammenhang ist allerdings auch bei Solarflächen von eminenter Bedeutung. Denn auch Photovoltaikanlagen über Grünflächen haben keinen wesentlichen Kontakt mit dem Erdboden, um Wärme ins Erdreich zu leiten. Sie verhalten sich dabei ähnlich wie der gezeigte alte Kunststofftopf. Sie müssen die Abwärme durch Temperaturerhöhung an die Atmosphäre abgeben. Wir werden sehen, dass diese Tatsache ganz wesentlich den negativen Klimaeffekt von Photovoltaikanlagen bestimmt.

Wir können anhand dieser Beobachtungen also zusammenfassen:

- Auf die Sonne direkt ausgerichtete Flächen haben für den Bereich davor eine wichtige Wirkung auf das Kleinklima
- Helle Flächen wie Mauern etc. reflektieren Licht. Damit stellen sie den davor liegenden Pflanzen neben dem Windschutz auch mehr „Lichtnahrung“ zur Verfügung
- Je dunkler diese Wände oder Flächen gestaltet sind, desto mehr Licht nehmen sie auf und verwandeln dieses Sonnenlicht in Wärme
- Diese Energie wird ggf. in vorhandenen Massen zwischengespeichert und als Wärmestrahlung wieder abgegeben.
- Die maximale Wärmestrahlung erzielen dabei schwarze Flächen ohne Kontakt zu größeren Speichermassen. Hier kommt es zu höheren Oberflächentemperaturen, da die Wärmeabgabe weitgehend auf Strahlung und Konvektion begrenzt ist und eine Wärmeleitung ins Erdreich ausfällt..

Wir haben also an der Wirkung auf den Bewuchs eine wichtige weitere Eigenschaft von Solarkollektoren dokumentiert und eine dadurch verursachte Klimaänderung identifiziert. Solaranlagen sind üblicherweise schwarz gestaltet, da man möglichst viel des Sonnenlichts absorbieren will. Damit überwiegt dann die Wärmeabgabe über Wärmestrahlung.

Nun wird man bei Solaranlagen ungern einen Bewuchs vor der Solarfläche dulden. Das bedeutet, dass unmittelbar vor der Solaranlage wachsende höhere Pflanzen entfernt werden müssten. Das würde allerdings einen recht hohen Wartungsaufwand ergeben. Das zu verhindern wäre sinnvoll.

Dies gelingt bei größeren Photovoltaikanlagen im Freiland. Denn diese werden vom Boden abgesetzt auf einer Ständerkonstruktion errichtet. Sie sind schräg zur Sonne ausgerichtet. Das Wachstum wird auf das Gras unterhalb der Solarflächen beschränkt. Das bedeutet in weiterer Folge dann aber auch, dass sich die Wärmeabstrahlung im Infrarotbereich an der Oberfläche auf den darüber liegenden Himmel konzentriert. Wir haben versucht das in Bild 8-116 zu verdeutlichen. Es kommt zu einer hohen Rückstrahlung im Infrarotbereich in die Atmosphäre.

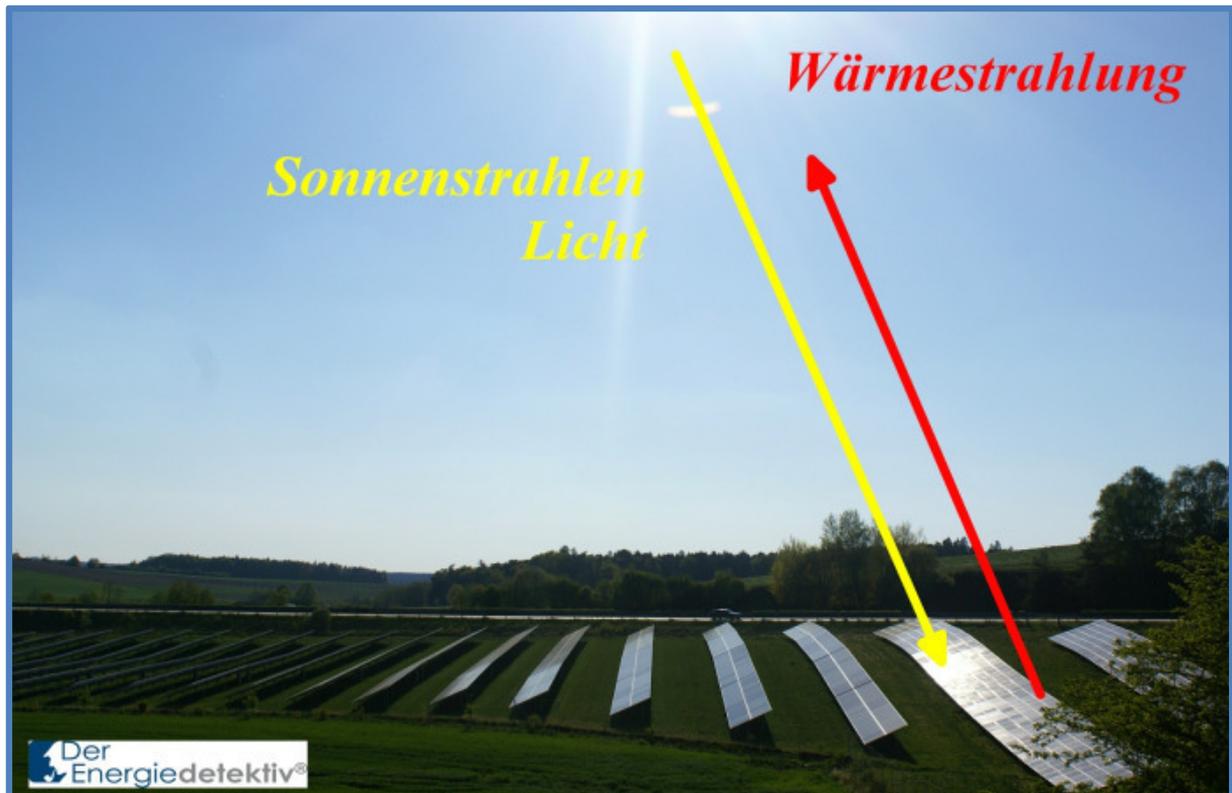


Bild 8-116: Bei Solaranlagen erreicht das Licht den Kollektor oder das Solarmodul. Die Energie aus der Sonne wird in Nutzenergie und Wärme umgewandelt. Die nicht in Nutzenergie verwandelte Sonnenergie wird als Abwärme an die Umwelt abgegeben. Die Wärmestrahlung erfolgt vorzugsweise Richtung Sonne bzw. Himmel

Somit wird die absorbierte Strahlung zu einem relativ geringen Teil von etwa 20% in Nutzenergie umgewandelt. Zum größeren Teil von ca. 80% wird die absorbierte Energie als Abwärme an die Umwelt abgegeben. Ein Teil dieser Abwärme wird über die Umgebungsluft, aber auch die Tragkonstruktion etc. an die Umgebung abgeleitet. Ein weiterer Teil der ungenutzten Abwärme wird in Form von Wärmestrahlung abgestrahlt.

Die Solaranlage wirkt dabei wie ein nach der Sonne ausgerichtetes Antennenfeld. Das Maximum der Strahlung richtet sich wieder zum Himmel. Der Effekt der Wärmestrahlung ist dabei von der Oberflächentemperatur des Kollektors oder Solarmoduls bestimmt.

Die durch diesen Effekt erzielte Wärmeabgabe wurde früher übrigens gerne aktiv genutzt, um einen solaren Überschuss wieder loszuwerden. Zu Beginn der aktiven Nutzung der Solarenergie wurden thermische Solarkollektoren in Selbstbaugruppen

gebaut. Die Dimensionierung der Speicher für das Warmwasser stand noch in den Kinderschuhen. So kam es oft zu Situationen, bei denen Kollektorfläche und Speicherkapazität nicht zusammen passten. Der Kollektor lieferte zu viel Energie, der Speicher war dann randvoll mit heißem Wasser. Am nächsten Tag „drohte“ wieder Sonnenschein. Somit bestand die Gefahr, dass es zu einer Überhitzung der Kollektoren kam. Denn die Stillstandstemperatur von Flachkollektoren kann weit über 100°C liegen. Bei selbstgebauten, einfachen Kollektoren war mit derart hohen Temperaturen immer die Gefahr von Undichtheiten verbunden.

Ein thermischer Solarkollektor, der an einem heißen Sonnentag die Hitze nicht mehr weg bringt, kann extrem hohe Temperaturen erreichen. Ein aktuelles Planungshandbuch führt beispielsweise an, dass in Deutschland handelsübliche Flachkollektoren im Sommer Stillstandstemperaturen von über 200 °C erreichen. Vakuum-Röhrenkollektoren erreichen sogar ca. 300 °C. [8-26].

Eines der Gegenmittel bei den früheren Selbstbaukollektoren war, den Solarspeicher in der Nacht bewusst soweit zu entleeren, dass am nächsten Tag wieder eine Wärmeabnahme möglich wurde. Nun wollte man natürlich nicht heißes Wasser einfach ablassen. Man hat stattdessen ganz einfach in der Nacht das heiße Wasser wieder durch das Kollektorfeld gepumpt. Dieses gab dann als Wärmestrahlung die Wärme an den kalten Nachthimmel ab. So konnte Überschusswärme unauffällig entsorgt werden. Am nächsten Tag kam es dann nicht zum Stillstand der Anlage mit der gefürchteten Überhitzung des Kollektorfeldes.

Welchen Einfluss diese Wärmestrahlung auf den Klimawandel haben könnte, war dem Autor wie wohl vielen anderen Beratern damals noch nicht bekannt. Diesen negativen Einfluss wollen wir hier im Folgenden näher untersuchen.

Heute können wir den Effekt der Wärmestrahlung bzw. Wärmeabgabe auch sichtbar machen. So zum Beispiel an einer Photovoltaikanlage am Wegrand in der Obersteiermark. Neben einer kleinen Kapelle steht eine kleine Solaranlage auf einem einzelnen Mast (Bild 8-117).



Bild 8-117: Diese kleine Kapelle in der Obersteiermark mit einer Photovoltaikanlage daneben bietet die Möglichkeit die Temperaturverhältnisse sichtbar zu machen

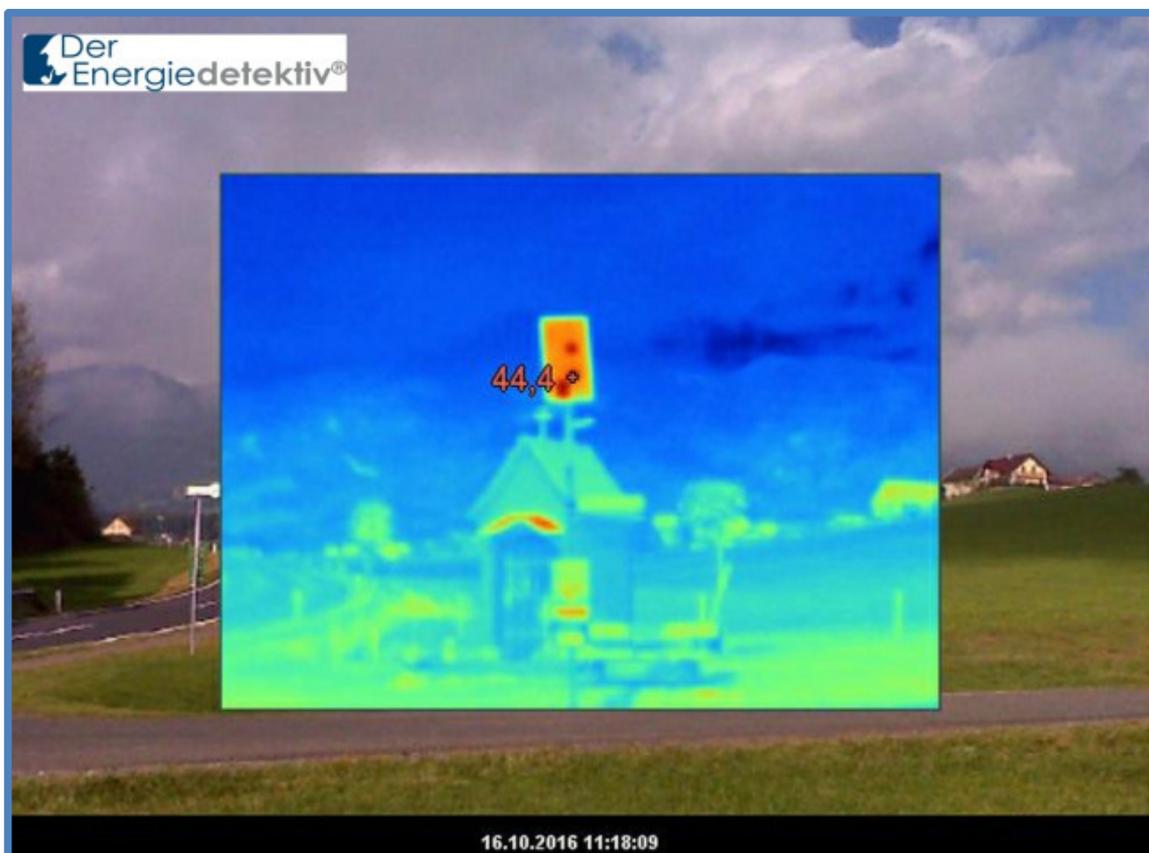


Bild 8-118: das Wärmebild macht deutlich, dass am Solarmodul die hohe Temperatur auch Mitte Oktober noch eine erhöhte Wärmestrahlung Richtung Himmel schickt

Es ist Mitte Oktober und schon relativ kühl. Dennoch zeigt das Wärmebild (Bild 8-118) eine Oberflächentemperatur von fast 45°C. Das ist etwa 30 Grad höher als die Lufttemperatur zu diesem Zeitpunkt. Die erhöhte Wärmeabstrahlung am Solarmodul gegenüber der sonstigen Umgebung ist im Wärmebild deutlich erkennbar.

Hier an dieser Kapelle wurden und werden Gebete Richtung Himmel geschickt. Im aktuellen Bild sind die Gebete nicht erkennbar, aber es ist die Infrarotstrahlung zu sehen. Die Solaranlage hat eine deutlich höhere Temperatur als die sonstige Umgebung. Es werden damit Infrarotstrahlen zum Himmel geschickt.

Für uns ist es nun wichtig festzustellen, welchen Einfluss diese Wärmestrahlung Richtung Himmel auf das Klima haben kann. Das Kleinklima am Boden ist in dieser Situation nicht erkennbar beeinträchtigt. Obwohl natürlich auch hier die Tatsache gilt, dass das durch den Solarkollektor aufgefangene Sonnenlicht den Pflanzen fehlt. Dieses wirtschaftliche Grundgesetz gilt immer und unabhängig davon, ob man die negativen Effekte mit freiem Auge erkennen kann oder nicht. Bei der hier vorhandenen kleinen Solarfläche, die noch dazu in großer Höhe montiert ist, verteilt sich der Schattenwurf über das Jahr gesehen auf eine sehr große Bodenfläche. Damit ist die Verlustverteilung breit gestreut und deshalb nicht mit freiem Auge wahrnehmbar. Dennoch gibt es diesen energetischen Verlust im Bodenbereich. Auf der energetischen Gewinnerseite steht jedoch die Atmosphäre.

Das in dieser recht kleinen Solaranlage aufgefangene Sonnenlicht wird in elektrische Energie und in Wärme umgewandelt. Die Wärme geht nun über Konvektion als Abwärme teilweise an die unmittelbare Umgebungsluft. Teilweise wird die Abwärme aber auch durch Wärmeabstrahlung abgeführt. Das ist im Wärmebild an der roten Fläche erkennbar. Die maximale Abstrahlung im Infrarotbereich erfolgt dabei nach oben. Also senkrecht zur Solarfläche direkt gegen den Himmel.

Damit gebührt unser weiteres Interesse nun auch dem Bereich der himmlischen Sphären. Wir müssen uns dazu den Treibhauseffekt bzw. das gängige Klimamodell nochmals näher ansehen.

8.12.4 Wärmestrahlung, Treibhauseffekt und Treibhausgase

Wärmestrahlung ist ebenso wie Licht eine elektromagnetische Strahlung. Die Energieübertragung erfolgt im Infrarotbereich. Mit freiem Auge ist diese Strahlung nicht wahrnehmbar. Eine Wärmebildkamera macht sie jedoch sichtbar.

Die Wirkung allerdings merkt man durch die Wärmeübertragung. Diese Übertragung von Energie kann ganz ohne Materie auskommen. Wie bei einer Funkwelle kann damit auch der leere Raum überbrückt werden. Wärmestrahlung geht daher auch durch Vakuum bzw. leeren Raum. Wärmestrahlung kann auch die Luft durchdringen. Die meisten Körper absorbieren jedoch die Wärmestrahlung und werden dadurch erwärmt.

Die Wärmestrahlung bzw. die unterschiedliche Reaktion von Gasen auf die Wärmestrahlung ist die Grundlage für den im Klimaschutz befürchteten Treibhauseffekt. Absorptions- und Emissionsverhalten von Gasen bestimmen die Energieverteilung in der Atmosphäre.

Gerne wird der Treibhauseffekt mit dem Verhalten eines Glashauses bzw. Treibhauses verglichen. Die Reflexion von Wärmestrahlung an einer Fensterscheibe dient dann als Grundlage für die Beschreibung des Treibhauseffektes. Dies ist zwar eine physikalisch nicht wirklich korrekte Modellvorstellung. Da sie jedoch im Klimaschutz oft als Analogie verwendet wird, wollen wir diese gern genutzte Beschreibung hier erwähnen und weiter verwenden.

Der Treibhauseffekt beim Glashaus des Gärtners wird auf das unterschiedliche Verhalten bei unterschiedlichen Spektren der Strahlung zurückgeführt. Die kurzwellige Solarstrahlung (sichtbares Licht) kommt fast ungehindert durch die Glasscheiben. Sie wird im Innern des Glashauses teilweise absorbiert, teilweise reflektiert. Die absorbierte Energie führt zur Erwärmung der betroffenen Flächen oder Bauteile. Dadurch wird langwellige Wärmestrahlung abgestrahlt.

Die Wärme kann jedoch nicht so einfach entweichen. Es kommt zu einer Temperaturerhöhung im Glashaus, da der im Freien übliche Wärmeaustausch eingeschränkt ist. Dabei spielt allerdings weniger die Reflexion eine Rolle als

vielmehr der verringerte Luftaustausch (Wind) aufgrund der dichten Konstruktion von Glashäusern. Relativ kleine Luftöffnungen zerstören den sogenannten Treibhauseffekt sofort. Kann der Wärmeverlust durch Luftaustausch mit der Umgebung verhindert werden, kommt es zu einer Temperaturerhöhung im Glashaus. Die Wärme im Glashaus steigt dann soweit an, bis die Temperatur der Glashülle so hoch liegt, dass wieder ein energetischer Gleichgewichtszustand erreicht wird. Die verringerte Wärmeabgabe durch Luftaustausch (Konvektion) wird durch Erhöhung der Wärmeabgabe an den Hüllflächen des Treibhauses (Glasflächen und Rahmen etc.) kompensiert. Um die Wärmeabgabe an der Hüllfläche zu erhöhen, muss die Oberflächentemperatur steigen. Dies ist nur möglich, wenn auch die Temperatur im Inneren steigt. So stellt sich jene erhöhte Temperatur ein, bei der sich Energieeinstrahlung und Energieabgabe im Gleichgewicht befinden.

Für unsere Erde übernimmt die Atmosphäre die Rolle der Außenhülle des irdischen Treibhauses. Die Solarstrahlung trifft auf die Oberfläche der Erde. Sie erwärmt dann diese Oberfläche. Je nach Temperatur der Oberfläche strahlt diese wieder Wärmestrahlung ab. In der Atmosphäre können nun die sogenannten Treibhausgase diese Infrarotstrahlung absorbieren. Die wichtigsten Treibhausgase sind dabei Wasserdampf und Kohlendioxid. Beide Gase absorbieren über breite Wellenlängenbereiche die Infrarotstrahlung. So erwärmt sich die Atmosphäre und strahlt ihrerseits wieder Wärmestrahlung ab. Diese Wärmestrahlung geht teilweise in den Weltraum und laut den gängigen Klimamodellen teilweise als „Gegenstrahlung“ zurück zur Erdoberfläche.

Durch die industrielle Revolution wurden vom Menschen vermehrt Treibhausgase in die Atmosphäre gebracht. Besonders die Verbrennung fossiler Energieträger hat zusätzliches CO₂ in die Atmosphäre gebracht. Nun wird vermutet, dass diese zusätzlichen Treibhausgase zu einer Erwärmung der Erdatmosphäre führen. Diese würden damit faktisch mehr Wärme aufnehmen und letztlich wieder zur Erde zurückstrahlen [8-27].

Diese Vorstellung kommt in den bekannten Klimamodellen zum Ausdruck. Wir verweisen hier nochmals auf Kapitel 7 und insbesondere die Beschreibung des Klimamodells hinsichtlich der Wärmestrahlung nach [7-5]. In Bild 8-119 haben wir den relevanten Ausschnitt nochmals dargestellt. Im linken Teil des Bildes ist die

langwellige Abstrahlung markiert. Der im Bodenbereich angegebene Wert von 390 entspricht der Strahlungsleistung. Die langwellige Wärmestrahlung der Erdoberfläche weist eine Leistung von 390 W/m² auf. Durch Absorption in den Treibhausgasen wird davon eine Leistung von 350 W/m² aufgenommen. So kommt es nach diesem Klimamodell zum viel zitierten Treibhauseffekt [s. 7-5]. Die Erwärmung der Treibhausgase führt zur Gegenstrahlung, die im rechten Teil des Bildes gekennzeichnet ist. Diese wird mit einer Leistung von 324 W/m² angegeben.

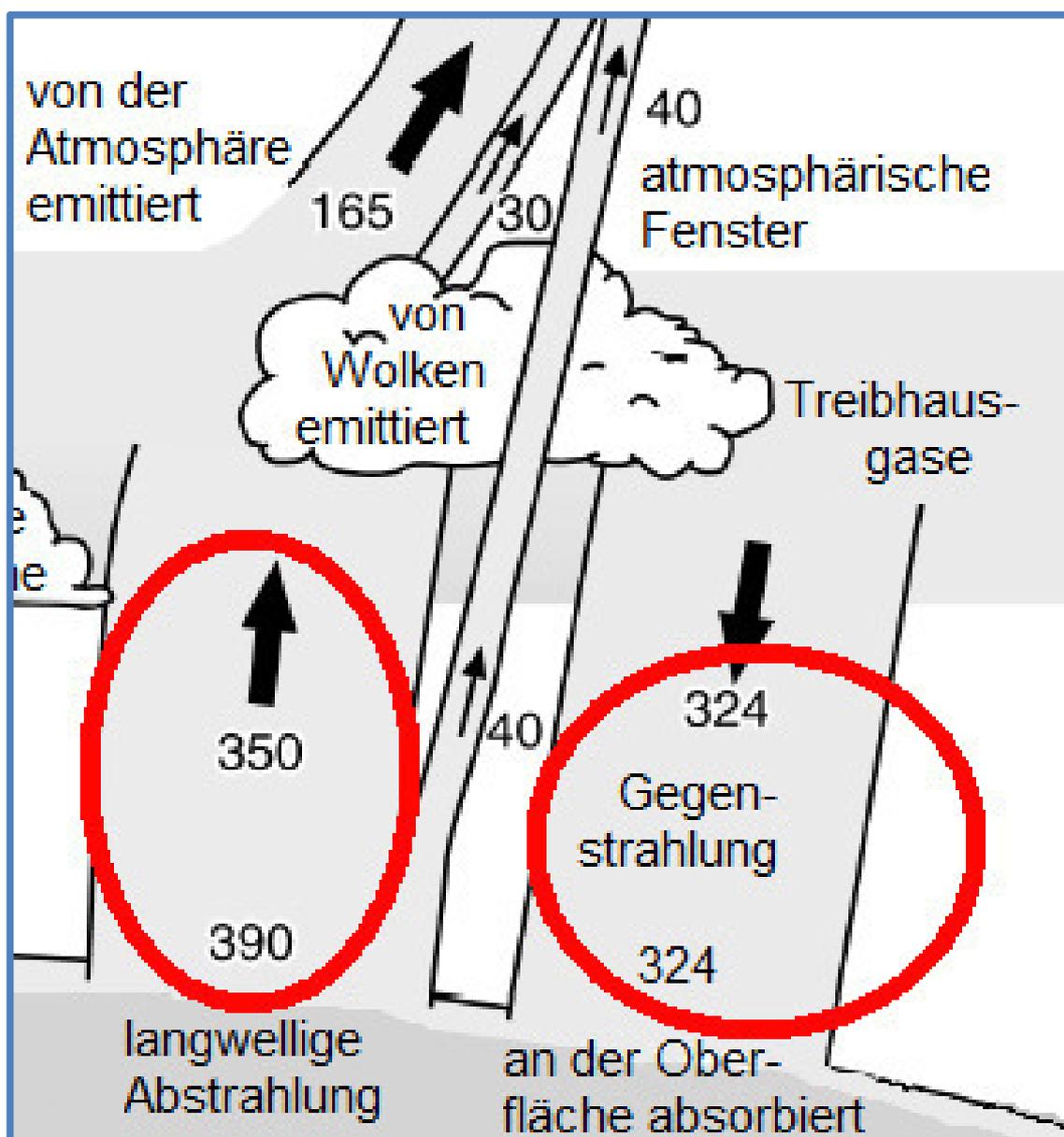


Bild 8-119: für die Wärmestrahlung relevanter Teil des Klimamodells.

Von uns bearbeiteter Ausschnitt aus einer Darstellung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik nach [7-5].

Der menschliche Einfluss auf das Klima beruht nun darauf, dass durch menschliche Aktivitäten die Atmosphäre wärmer wird. Vermutet wird, dass dies deshalb der Fall ist, weil der Anteil der Treibhausgase an der Gesamtatmosphäre steigt. Damit wird mehr Strahlung absorbiert. Somit wird auch die Gegenstrahlung erhöht. Bei den Schlussfolgerungen konzentriert man sich daher auf die Zusammensetzung der Atmosphäre. Die zusätzlich in der Atmosphäre vorhandenen Treibhausgase führen danach zum Treibhauseffekt. So entsteht die Forderung weniger CO₂ oder andere Treibhausgase in die Atmosphäre zu bringen. Nur dann könnte der Klimawandel gebremst bzw. ein zu starker Temperaturanstieg verhindert werden.

Aber nicht nur die Zusammensetzung der Atmosphäre kann die treibende Kraft für eine Klimaänderung sein. Würde man die langwellige Abstrahlung im linken Bereich des Bildes 8-119 erhöhen, würde sich natürlich auch die Atmosphäre stärker erwärmen. Denn wenn die abgestrahlte Leistung von 390 W/m² erhöht wird, muss auch bei gleich bleibender Zusammensetzung der Atmosphäre mehr Wärme von dieser absorbiert werden. Das würde auch die Gegenstrahlung erhöhen und damit die Temperatur im Bodenbereich ansteigen lassen.

Der Klimawandel über den Treibhauseffekt bzw. die Treibhausgase ergibt sich auch dann, wenn es „gelingt“ die langwellige Abstrahlung im Bodenbereich signifikant zu erhöhen. Ohne dass dabei unbedingt die Konzentration der Treibhausgase erhöht werden müssten. Es würde also eine erhöhte Temperatur am Boden auch den Treibhauseffekt verstärken.

8.12.5 Absorption und die Höhe der Strahlungsleistung

Trifft Sonnenlicht auf einen Körper, dann wird ein Teil des Lichts in Wärme umgewandelt. Diesen Vorgang nennt man Absorption. Je mehr Energie absorbiert werden kann, desto höher wird die Temperatur des Körpers. Eine schwarze Fläche heizt sich unter Sonneneinstrahlung mehr auf als eine weiße Fläche. Dies liegt an der besonders guten Absorptionsfähigkeit der Farbe Schwarz.

Diesen Effekt kann jeder nachvollziehen. Dazu braucht man nur den Vergleich zwischen einem schwarzen Shirt und einem weißen Shirt bei einem Spaziergang in der heißen südlichen Sonne wagen. Man wird schnell merken, welchen Unterschied dies macht. Die Tatsache, dass eine weiße Oberfläche weniger Wärme aufnimmt als eine dunkle, bestimmt im sonnigen Süden auch die Bauweise. Die Häuser in Griechenland oder Spanien sind meist weiß getüncht. Das verringert eine zu starke Erwärmung des Mauerwerks.

Schwarze Flächen hingegen eignen sich optimal um möglichst viel Energie aus dem Sonnenlicht zu gewinnen. Aus diesem Grunde sind ja auch Sonnenkollektoren schwarz. Sie absorbieren möglichst viel Sonnenenergie. Ein schwarzes Objekt im direkten Sonnenlicht erwärmt sich besonders gut. Wir haben das weiter oben schon gesehen. Vergleichen sie dazu nochmals die Bilder 8-114 und 8-115. Der schwarze Topf im Terrassengarten hat die höchste Temperatur. Er wird auch Mitte September noch von der Sonne auf fast 50°C aufgeheizt. Der erwärmte Körper strahlt seinerseits Wärmestrahlung ab. Das wurde im Wärmebild erkennbar.

Ein schwarzer Körper nimmt also sehr viel Energie aus der Sonne auf. Ein Gleichgewicht zwischen der aufgenommenen und der abgegebenen Energie stellt sich erst bei recht hoher Temperatur ein. Bei dem in Bild 8-114 und 8-115 gezeigten Topf ist die Wärmeabgabe auf die Strahlung konzentriert. Denn es besteht kein wirklich stärkerer Kontakt mit dem Erdreich, um auch Energie durch Wärmeleitung abzuführen.

Ebenso ist die Wärmeabgabe über Konvektion verringert. Denn der Topf liegt verkehrt, also umgedreht mit der Öffnung nach unten. Warme Luft steigt bekanntlich nach oben. Die erwärmte Luft kann daher kaum aus dem Topf durch Luftzirkulation

abgeführt werden. Das hat zur Folge, dass im Wesentlichen nur die Wärmestrahlung bleibt, um die absorbierte Energie wieder abzuführen. Das führt dann zur höheren Temperatur. Im Gegensatz dazu bleibt die ebenfalls dunkle Betonmauer kälter. Sie hat zwar auch eine hohe Absorptionsrate, sie kann aber die Wärme auch an das Erdreich abführen. Das energetische Gleichgewicht stellt sich dann bei niedrigeren Temperaturen ein.

Die Temperatur an der Oberfläche eines Strahlung absorbierenden Körpers ist daher durch den Gleichgewichtszustand der Energieströme bestimmt. Gewinn und Verlust decken sich bei dieser Temperatur. Je weniger Energie über Konvektion oder Wärmeleitung abgegeben werden kann, desto mehr Energie muss durch Wärmestrahlung abgegeben werden. Die Leistung der Wärmestrahlung wiederum ist von der Temperatur abhängig.

Die von einem schwarzen Körper abgestrahlte Leistung steigt aber nicht linear mit der Temperatur. Sie ist nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz proportional zur vierten Potenz der absoluten Temperatur. Die absolute Temperatur wird dabei in Kelvin angegeben und startet beim absoluten Nullpunkt. Dieser liegt bei $-273,15^{\circ}\text{C}$. Die Formel kann man wie folgt angeben:

$$P = \sigma * A * T^4$$

P...Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers [W/m²]

A...Fläche des schwarzen Körpers [m²]

T... absolute Temperatur des Körpers [K]

σ ...Stefan-Boltzmann-Konstante ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

Dieser Zusammenhang hat nun eine ganz wichtige Eigenschaft. Er bedeutet, dass die abgestrahlte Leistung mit der Temperatur massiv ansteigt. Das bedeutet ein heißer Körper strahlt wesentlich mehr Wärmeleistung ab als ein kälterer Körper.

Wir haben das in Bild 8-120 verdeutlicht. Hier haben wir die Strahlungsleistung abhängig von der absoluten Temperatur dargestellt. Die absolute Temperatur ist in Kelvin angegeben. Um sich besser orientieren zu können, ist die Vergleichstemperatur von 0° Celsius als blaue senkrechte Linie markiert.

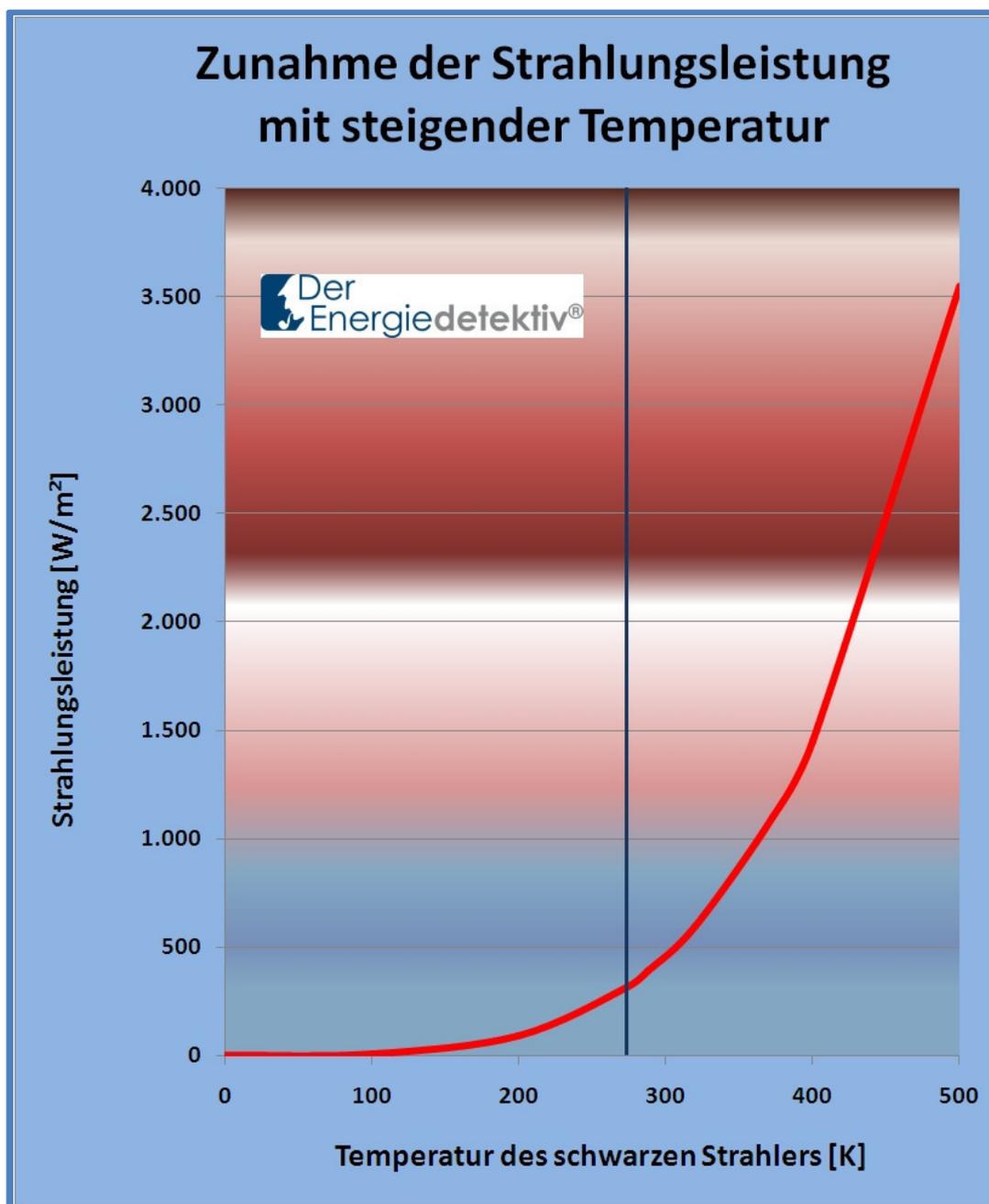


Bild 8-120: Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers abhängig von der absoluten Temperatur des Körpers in Kelvin. Als Bezugspunkt kann die senkrechte blaue Linie dienen. Sie entspricht dem Nullpunkt der Celsiusskala, also 0 °C.

Man sieht, dass eine Steigerung der Oberflächentemperatur von 0°C auf 100°C die Strahlungsleistung von 316 auf 1.100 Watt pro Quadratmeter steigen lässt. Ein Temperaturanstieg führt also zu einer sehr starken Zunahme der Strahlungsleistung.

Wir wollen noch darauf hinweisen, dass wir vorerst die folgenden Angaben zu Strahlungsleistungen immer für die Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers ermitteln. Dies deshalb, weil auch im angeführten Klimamodell die angegebenen Strahlungsleistungen auf einen schwarzen Körper bezogen sind. Da angesehene Institute derartige Klimamodelle vorstellen, erscheint uns das vorerst eine auch für unsere Überlegungen zulässige Vereinfachung.

Reale Körper senden etwas weniger Energie aus. Hier ist dann der individuelle Emissionsgrad zu berücksichtigen. Das bedeutet, die ideale Strahlungsleistung wird mit einem Faktor multipliziert. Dieser Faktor nennt sich Emissionsgrad und wird mit dem griechischen Buchstaben ε bezeichnet. Der Wert ist kleiner als eins und materialabhängig. Die Formel für die Berechnung der Strahlungsleistung ändert sich dabei wie folgt:

$$P = \varepsilon * \sigma * A * T^4$$

Berücksichtigt man diesen Emissionsgrad, dann werden die Strahlungsleistungen etwas geringer. Der Vergleich zwischen unbelasteten Grünflächen und Sonnenstrahlung absorbierenden Flächen würde sich aber verstärken. Denn die in Frage kommenden Emissionsgrade von Absorptionsflächen liegen meist knapp unter 1. Hingegen weist die Vegetation niedrigere Emissionsfaktoren auf. Da es bei unseren Auswertungen primär um den Unterschied zur unbelasteten Natur geht, verzichten wir vorerst auf deren Berücksichtigung. Allerdings wollen wir später nochmals auf diesen Effekt zurückkommen.

8.12.6 Absorptionsrate bestimmt den Treibhauseffekt

In Bild 8-119 ist der für die Wärmestrahlung relevante Teil des Klimamodells nach [7-5] dargestellt. Die angegebene langwellige Abstrahlung von $390 \text{ W/m}^2\text{K}$ entspricht der mittleren Oberflächentemperatur der Erde von 15°C .

Nun haben wir aber gesehen, dass die Oberflächentemperaturen von Solaranlagen deutlich höher als 15°C ausfallen. Die Beobachtung der kleinen Photovoltaikanlage neben der Kapelle (s. Bild 8-118) zeigt selbst Mitte Oktober eine Oberflächentemperatur von $44,4^\circ\text{C}$. Die Fläche ist möglichst gut zur Sonne ausgerichtet. Die Wärmestrahlung der Modulfläche richtet sich daher auch optimal in Richtung der Atmosphäre.

Welche Wirkung geht nun von einer solchen Fläche auf die Treibhausgase in der Atmosphäre aus? Wir können das recht einfach mit dem oben beschriebenen Stefan-Boltzmann-Gesetz nachrechnen. Geht man von einer Oberflächentemperatur von $44,4^\circ\text{C}$ aus, dann ergibt das für die die Wärmestrahlung eine Leistung von 577 W/m^2 .

Die „normale Welt“ hingegen hat eine langwellige Abstrahlung von 390 W/m^2 (s. Bild 8-119). Die Photovoltaikanlage hat damit die Strahlungsleistung Richtung Treibhausgase um $47,9 \%$ gegenüber dem aktuellen Wert des Klimamodells erhöht. Statt der mittleren Strahlungsleistung von $390 \text{ W/m}^2\text{K}$ belastet die Atmosphäre jetzt eine Infrarotstrahlung mit einer Leistung von 577 W/m^2 . Ganz ohne zusätzliche CO_2 Emission führt somit die Photovoltaikanlage dazu, dass die Treibhausgase stärker erwärmt werden und so der Treibhauseffekt verstärkt wird.

Noch schlimmer werden die Ergebnisse wenn man von noch höheren Temperaturen am Kollektor oder Modul ausgeht. Das bereits angeführte Planungshandbuch [8-26] nennt Stillstandstemperaturen von 200°C und darüber für thermische Solaranlagen. Rechnet man mit einer solchen Temperatur, dann steigt die Strahlungsleistung von 390 W/m^2 auf $2.841,7 \text{ W/m}^2$. Eine solche stillstehende Anlage würde daher eine mehr als 7-fache Wirkung auf die Treibhausgase ausüben. Ein stillstehender Vakuumkollektor kann sogar eine Stillstandstemperatur von 300°C erreichen. Dann würde die Strahlungsleistung rechnerisch auf über 6.000 Watt/m^2 ansteigen. Das entspricht ca. der 16-fachen Wirkung auf die Treibhausgase.

Besonders alarmierend ist in diesem Zusammenhang, dass wir immer mehr ältere Solaranlagen vorfinden, die nicht in Betrieb sind. Es wird keine Wärme mehr geliefert, denn technische Probleme führten zum Stillstand der Anlage. Nun bleibt dann aber meist der Solarkollektor weiterhin als Absorptionsfläche erhalten. Diese erreichen dann die recht hohen Stillstandstemperaturen mit ihren hohen Strahlungsleistungen.

Aber auch jede in Betrieb befindliche Solaranlage hat eine Oberflächentemperatur, die bei Tag höher ist als die Lufttemperatur. Damit steigt die Wärmeabgabe an die Umgebung und insbesondere der Strahlungsanteil, die für die Rückstrahlung über Treibhausgase relevant ist.

Als wir diese Analysen erstmals durchführten waren wir völlig schockiert. Dies hatten wir in keiner Weise vorher erwartet. Denn wenn diese Auswertungen und das zugrunde liegende Klimamodell stimmen, dann besteht eigentlich höchste Alarmstufe!

Denn dann erhöhen wir mit Solaranlagen den Treibhauseffekt massiv. Und das ganz ohne zusätzliche Treibhausgase. Alleine durch die Erhöhung der Strahlungsleistung im Infrarotbereich. Wir haben vielleicht dann die Emission von Treibhausgasen reduziert und landen dennoch oder gerade deshalb in einer Klimahölle auf Erden.

Der nächste Schritt für uns war daher die Prüfung, ob unsere Ergebnisse überhaupt plausibel sein könnten.

8.12.7 Plausibilitätsprüfung – Treibhauseffekt mit Solaranlage

Wir wollen wissen, ob die Schlussfolgerung des letzten Kapitels richtig sein könnte. Nämlich, dass die hohe Temperaturstrahlung an Kollektorflächen von Solaranlagen den Treibhauseffekt verstärkt. Also ob es in einem Treibhaus wärmer wird, wenn eine solche Solaranlage sich in einem Treibhaus befinden würde.

Dazu reicht eigentlich schon ein einfaches Gedankenexperiment. Wir nehmen an, wir hätten ein ganz normales Glashaus im Garten stehen. Wir nutzen dieses um etwas Gemüse zu ziehen. Wir haben versucht diese Situation in Bild 8-121 schematisch darzustellen.

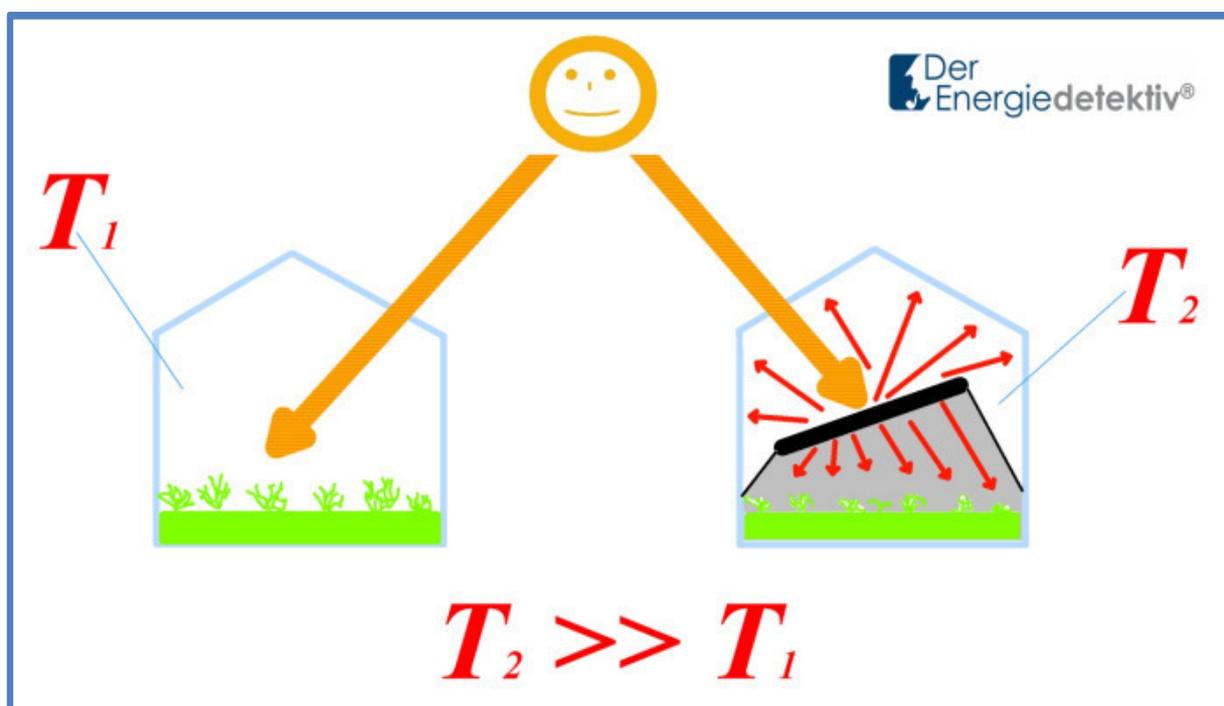


Bild 8-121: Schema für den Vergleich zweier unterschiedlich aufgebauter Glashäuser. Im linken Bild erreicht die Sonnenstrahlung die Pflanzen direkt, im rechten Bild wird die Sonnenstrahlung an einer Platte absorbiert und als Wärmestrahlung an die Umgebung abgegeben. In Kombination mit dem Treibhauseffekt wird die Temperatur wohl höher liegen als im linken Modell

In diesem Glashaus hängen wir nun eine schwarze Platte vor das Gemüsebeet. Wir richten diese schwarze Platte möglichst gut zur Sonneneinstrahlung aus. Was wird dann passieren?

Nun die Sonnenstrahlen würden zuerst auf die schwarze Platte treffen und sich erwärmen. Diese Wärme strahlt die Platte nach unten und nach oben wieder ab. Die schwarzen Platten sorgen am Boden natürlich ebenso für eine höhere Temperatur wie in der Luft. Denn sie selbst strahlen in beide Richtungen.

Es wird mehr Energie absorbiert und an die Atmosphäre des Glashaues abgegeben. Die Temperatur steigt im gesamten Glashaus bis wieder ein Gleichgewichtszustand zwischen aufgenommener und abgegebener Energie erreicht ist.

Unterhalb der schwarzen Platten haben die Pflanzen es nun zwar wärmer. Aber sie erreicht auch weniger direktes Sonnenlicht. Es entsteht ein beschatteter Bereich. Damit fehlt den Pflanzen das für die Photosynthese notwendige Licht. Die Pflanzen werden daher wesentlich kleiner bleiben. Sie werden versuchen sich mehr Richtung Licht auszurichten. Schräger, lichtgieriger Wuchs ist aus Glashäusern bekannt, bei denen das Licht nicht aus allen Richtungen halbwegs gleichmäßig ankommt.

Durch eine solche Konstruktion würde man zwar die Atmosphäre im Treibhaus mehr aufheizen können. Die Pflanzen würden davon aber kaum profitieren. Denn bei Schwachlicht nimmt die Photosyntheserate kaum zu. Gegenüber Starklicht bleibt sie unbedeutend.

Dieses Gedankenexperiment lässt es logisch erscheinen, dass es zu einer deutlichen Temperaturzunahme kommt, wenn ein absorbierender schwarzer Körper in einer Umgebung mit einem Treibhauseffekt angebracht wird. Temperaturanstieg und geringere Lichtversorgung würden die klimatischen Bedingungen für die Pflanzen dann wohl massiv ändern.

Wie weit die Temperatur ansteigen kann, ist in einem Glashaus durch den eingeschränkten Abtransport von Wärme bestimmt. Je geringer diese übrigen Wärmeverluste (Lüftung und Wärmeleitung in Boden etc) sind, desto höher steigt die Temperatur. Die Temperaturzunahme ist bei sonst gleich bleibendem Glashaus durch die Absorptionsrate der Innenflächen bestimmt. Das Gedankenexperiment lässt die Schlussfolgerungen aus dem letzten Kapitel bisher logisch erscheinen. Eine steigende Temperatur bei Zunahme der schwarzen Flächen im Glashaus ist logisch.

Wir können dieses Gedankenexperiment nun noch in Bild 8-122 weiter führen. Im vorhergegangenen Beispiel waren schwarze Platten über der Vegetation angebracht. Was wäre aber, wenn wir das ganze Gewächshaus nur mit schwarzen Platten versehen.

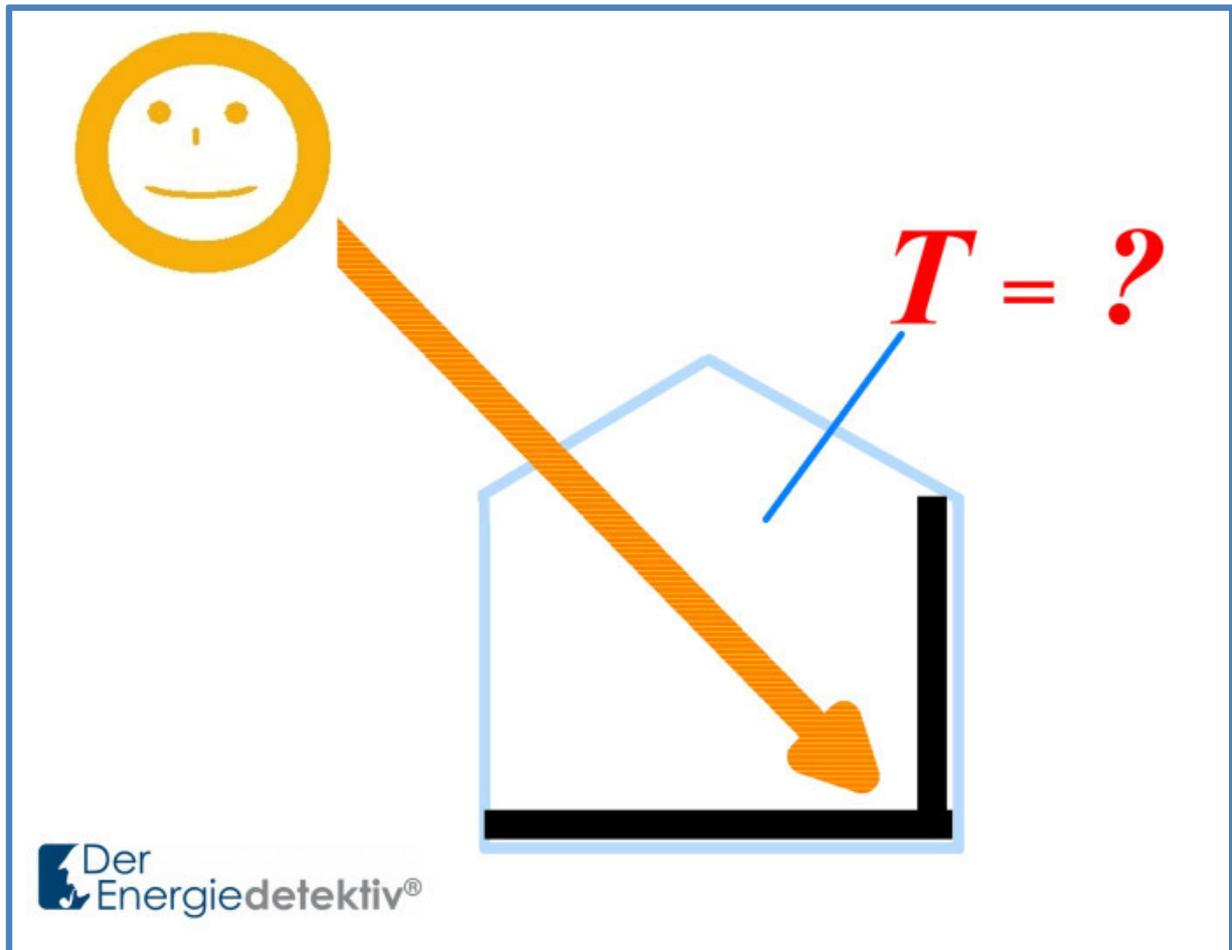


Bild 8-122: wir verzichten nun auf die Pflanzen und legen den größten Teil des Glashauses mit schwarzen Platten aus. Dann wird noch mehr Energie absorbiert. Die Wärmestrahlung und der Treibhauseffekt lassen die Temperatur weiter ansteigen

Diese bringen wir am Boden und an der, der Sonne abgewandten Wand an. Auf die Pflanzen verzichten wir. Stattdessen legen wir unter die schwarzen Platten eine Wärmedämmung. Dies, damit die absorbierte Energie nicht über den Boden bzw. die Wand verloren geht.

Nun wird dieses geänderte Glashaus der Sonnenstrahlung ausgesetzt. Was wird nun passieren? Wir haben den Energieverlust über den Boden minimiert. Wir haben gleichzeitig die Pflanzen entfernt und damit die Zwischenspeicherung der

Sonnenenergie in Biomasse verhindert. Die Lufttemperatur wird dann in solch einem Glashaus noch viel weiter ansteigen. Der Wärmeverlust nach außen ist minimiert worden. Also steigt die Temperatur im Glashaus so weit an, bis sich letztlich doch ein Gleichgewichtszustand zwischen Energieabgabe und Energiezufuhr ergibt.

Unser Modell ist zuletzt also ein Glashaus mit möglichst großer schwarzer Fläche und geringen Verlusten durch hohe Wärmedämmung in Richtung der nicht sonnenbeschienenen Bereiche. In Richtung der Sonne hingegen ist eine gute Einstrahlung durch die Glasflächen gegeben. Wussten Sie, dass es solche Glashäuser in großer Zahl wirklich gibt? In Bild 8-123 sehen sie den prinzipiellen Aufbau eines solchen Glashauses. Es handelt sich um nichts anderes als ganz einfache thermische Solarkollektoren.

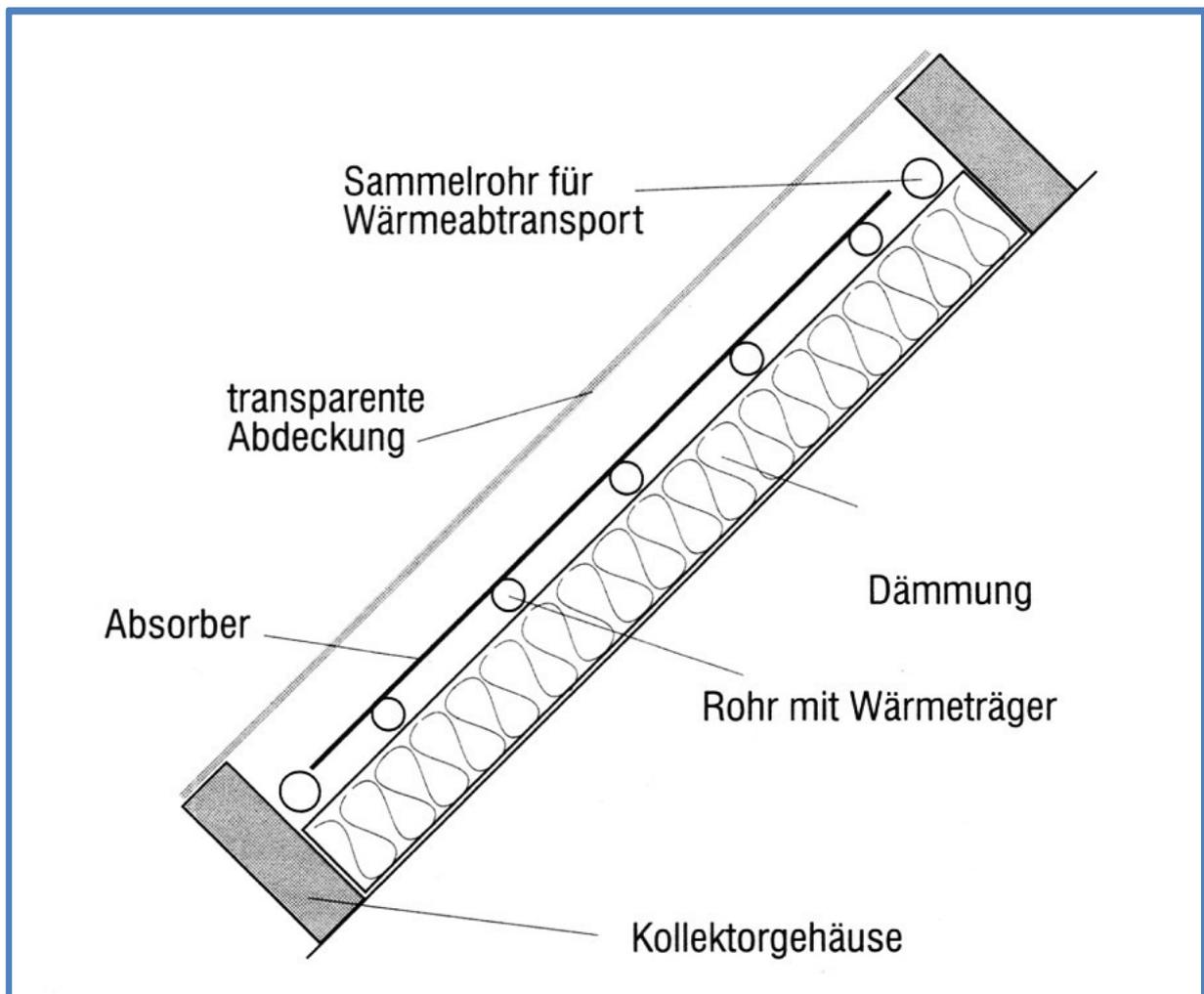


Bild 8-123: Die Prinzipskizze eines Flachkollektors für thermische Solaranlagen nach [8-5] entspricht im Wesentlichen auch dem Gedankenmodell aus Bild 8-122

Im Inneren dieses Solarkollektors können dann sehr hohe Temperaturen entstehen. Im Leerlauf eben bis zu etwa 200 °C. Wenn dann der Wärmetransport durch die Luftmoleküle verhindert bzw. verringert entsteht ein Vakuumkollektor. Dieser kann im Stillstand dann eine Oberflächentemperatur bis 300 °C erreichen.

Damit sind thermische Solaranlagen der direkte Beweis für den Temperaturanstieg in solchen Glashäusern. Sie werden damit indirekt auch zum Beweis für eine Klimaänderung durch die Verwendung von Solarkollektoren im Treibhaus Erde.

Denn der Treibhauseffekt gilt dann natürlich auch für jene Wärmestrahlung, die durch die Oberflächentemperatur solcher Kollektoren selbst hervorgerufen wird. Denn wenn der durch Gase wie CO₂ etc. hervorgerufene Treibhauseffekt wirklich existiert, muss er in der Folge auch zu einer Temperaturerhöhung auf der Erde führen, sofern es Flächen mit zunehmender Temperatur und Wärmeabstrahlung gibt.

Genau das aber ist der Fall bei jeder Photovoltaikanlagen oder thermischen Solaranlagen oder auch sonstigen Objekten mit hohen Oberflächentemperaturen. Versteht man eine thermische Solaranlage als Kollektor mit Treibhauseffekt, dann befindet sich diese kleine Anlage wiederum in einem darüber gestülpten Treibhaus. Dieses letztere Treibhaus ist allerdings jetzt die Erde samt den darin befindlichen Treibhausgasen.

Die Abstrahlung von heißen Kollektoren führt ihrerseits damit wieder zur Erhöhung des Treibhauseffektes im Treibhaus Erde. Die hohe Oberflächentemperatur von Solaranlagen ergibt eine mit der vierten Potenz erhöhte Energiedichte der Wärmestrahlung. Die Absorption dieser Wärmestrahlung an vorhandenen Treibhausgasen erwärmt die Atmosphäre. Damit steigt aufgrund der postulierten Gegenstrahlung auch die Temperatur auf der Erde. Somit würden genau jene Anlagen, die eigentlich das Klima retten sollten, zur Klimaänderung beitragen. Denn sie verstärken den Treibhauseffekt durch erhöhten Energietransport in die strahlungsaktiven Treibhausgase.

Die nächste Frage die wir uns daher stellen sollten wäre dann, wie hoch die Oberflächentemperaturen typischerweise bei Photovoltaikanlagen sein können.

8.12.8 Welche Temperaturen erreichen Photovoltaikanlagen?

Wir haben mehrere Anhaltspunkte für die Oberflächentemperaturen bzw. die Wärmestrahlung aus Photovoltaikanlagen. Die Thermografie in Bild 8-118 zeigt Temperaturen die etwa bei 45°C liegen. Dies allerdings an einem recht kalten Tag Mitte November. Außentemperatur und niedriger Sonnenstand sprechen dafür, dass im Hochsommer wahrscheinlich hier weit höhere Temperaturen möglich wären.

Denn im Hochsommer ist es deutlich wärmer. Nicht nur die Lufttemperatur ist dann höher. Auch die Temperatur am Solarmodul steigt entsprechend. Andererseits ist der Sommer jene Zeit bei der das Maximum an solarem Strom produziert werden kann. Im Hochsommer, in den Monaten Juli und August kann etwa ein Viertel des Jahresertrags einer Photovoltaikanlage erbracht werden.

Wir haben uns daher auf die Suche nach Temperaturwerten für solche Anlagen gemacht. Die Studie [8-28] zum Beispiel beschreibt u.a. das Temperaturverhalten unterschiedlich aufgebauter PV-Module. Darin sind auch Temperaturwerte in Form von Tageskurven vorhanden. Ende Juni erreichten die PV-Module Temperaturen von über 60°C.

Wir haben nun einen solchen Tagesgang der Modultemperatur in einer Tabellenkalkulation nachgebildet. Mit diesem Tagesprofil der Modultemperatur haben wir dann die Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers nach dem oben erwähnten Stefan-Boltzmann-Gesetz errechnet. Die sich ergebende Strahlungsleistung ist in Bild 8-124 dargestellt. Als Referenzwert könnten wir jetzt den Normalwert von 390 W/m² verwenden (s. Klimamodell bzw. Bild 8-119). Dann liegt die Wärmestrahlung aus der Photovoltaikanlage den ganzen Tag über diesem Referenzwert. Zu Spitzenzeiten steigt die Wärmestrahlung der Photovoltaikanlage auf das Doppelte des Normalwertes. Die hier gemessene Photovoltaikanlage trägt in diesem Zeitraum zum Treibhauseffekt durch Erhöhung der Wärmestrahlung gegenüber dem Normalwert bei. Um den Treibhauseffekt von Photovoltaikanlagen im Freiland zu untersuchen, müsste man eigentlich einen Vergleich mit der Wärmestrahlung des unbelasteten Bodens herstellen. Hier würde der Bewuchs samt Verdunstung zusätzlich einen kühlenden Effekt erbringen und die Bodentemperatur deutlich unter die Lufttemperatur senken.

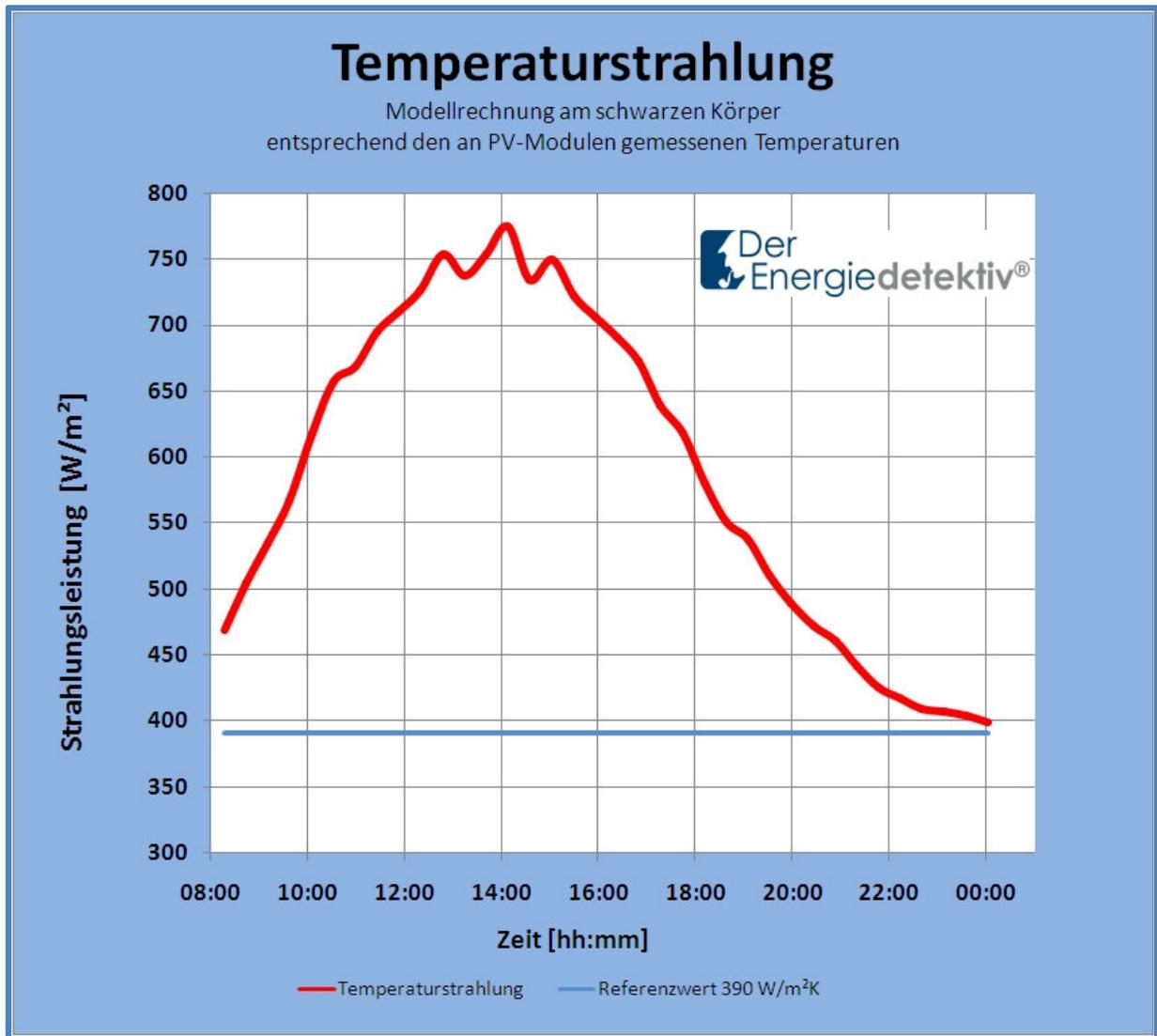


Bild 8-124: Berechnete Strahlungsleistung am schwarzen Körper entsprechend dem Tagesprofil gemessener Temperaturwerte am PV-Modul nach [8-28]

Leider ist das für das vorliegende Tagesprofil nicht möglich, da entsprechende Vergleichswerte fehlen. Interessant ist es allerdings den Zusammenhang zwischen der berechneten Wärmestrahlung und der jeweils gemessenen Modulleistung herzustellen. Dieser Vergleich wird in Bild 8-125 gezeigt. Wir haben dabei die Werte nach „Vormittag“ und „Nachmittag“ getrennt. Dementsprechend sind Werte in unterschiedlichen Farben eingetragen. Mittag entspricht dabei dem Maximum der Modulleistung.

Danach fällt die Modulleistung schneller ab als die Strahlungsleistung. Dies wahrscheinlich deshalb, da die Modulkonstruktion einen gewissen Temperaturspeicher darstellt und damit die Wärme länger erhalten bleibt.

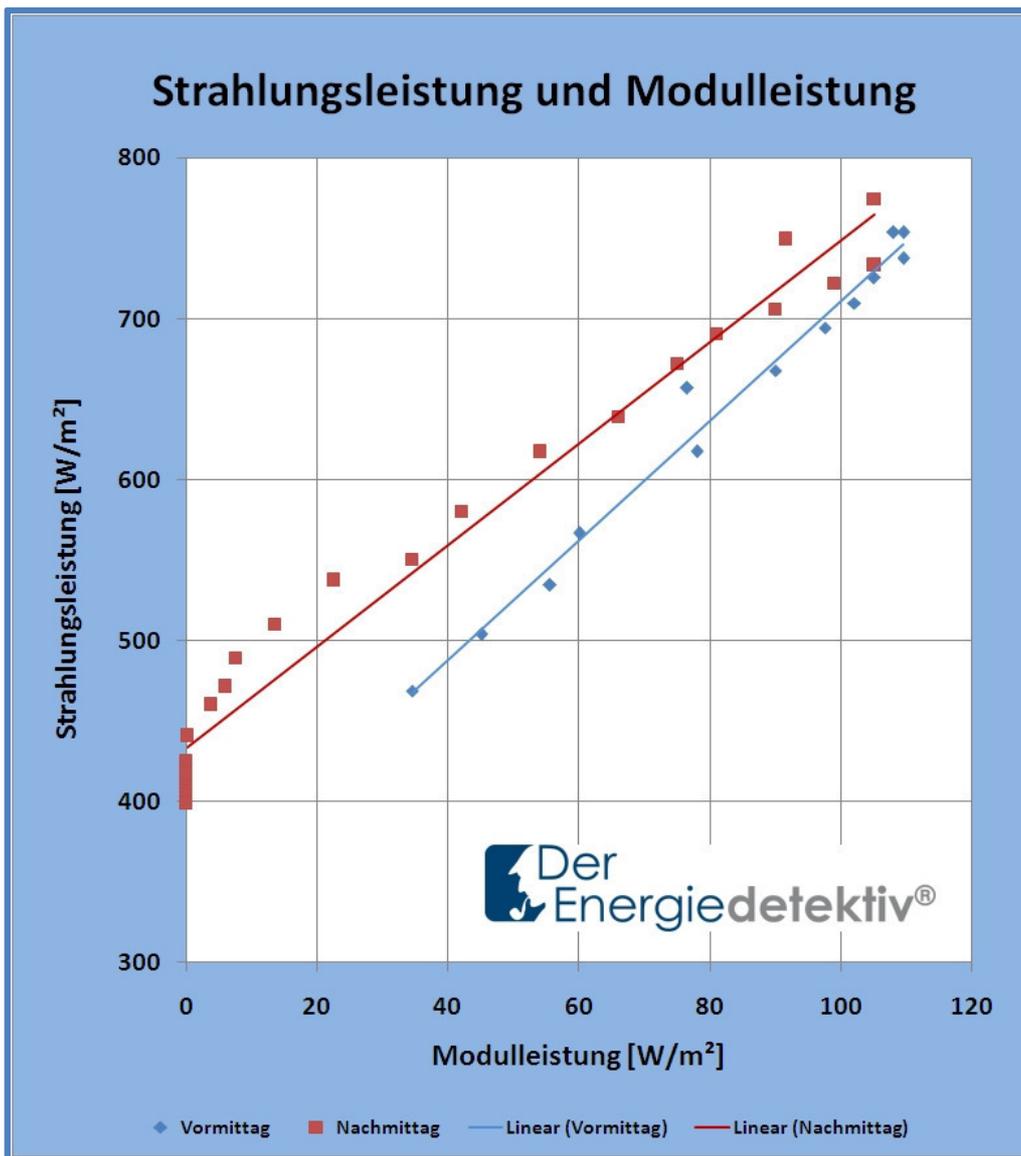


Bild 8-125: Zusammenhang zwischen der Modulleistung und der Strahlungsleistung. Für ein Watt elektrischer Leistung aus dem Solarmodul nimmt die für den Treibhauseffekt relevante Strahlungsleistung um mehr als drei Watt zu.

Wenn man nun einen linearen Zusammenhang annimmt, dann ist festzuhalten, dass sich die treibhauswirksame Temperaturstrahlung je Watt aus dem Modul entnommener elektrischer Leistung um mehr als 3 Watt erhöht. **Das bedeutet, jedes zusätzliche Watt aus der Photovoltaikanlage führt zu einer erhöhten Wärmestrahlung von zumindest 3 Watt.**

Diese erhöhte Wärmestrahlung wird nun direkt in den Treibhausgasen wirksam. Sie verschärft damit in jedem CO₂ Molekül oder sonstigem auf Wärmestrahlung reagierenden Treibhausgas den Treibhauseffekt.

Damit ist zumindest für diesen Tagesverlauf evident, dass die Gewinnung elektrischer Energie aus dieser Photovoltaikanlage den Treibhauseffekt bei den jetzt schon vorhandenen Treibhausgasen verstärkt, statt ihn zu verringern. Dem Autor ist dzt. keine Begründung bekannt, warum die lokale Erhöhung der Strahlungsleistung keinen erhöhten Treibhauseffekt produzieren sollte. Lediglich wenn das von renommierten staatlichen Instituten publizierte Klimamodell nicht korrekt sein sollte, wären ggf. andere Resultate zu erwarten.

Dafür bestehen allerdings für uns dzt. keine näheren bekannten Anhaltspunkte. Im Gegenteil wird in zahlreichen Publikationen dieses Modell von renommierten Instituten und öffentlichen Stellen favorisiert. Das von unseren Beobachtungen und Berechnungen resultierende Ergebnis ist jedoch derart beunruhigend, dass der Autor daher für jeden Hinweis dankbar wäre, der andere Ergebnisse erwarten lassen würde.

Vorerst müssen wir aber davon ausgehen, dass die von uns ermittelten Werte belegen, dass durch Photovoltaikanlagen im Freiland eine Temperaturstrahlung erzeugt wird, die den Treibhauseffekt forciert. Ähnliches gilt natürlich auch für jede andere Solaranlage, bei der ein Vegetationsbereich durch Kollektorflächen mit hohen Oberflächentemperaturen beeinträchtigt wird.

Damit bestünde allerdings akuter Handlungsbedarf seitens der Politik und Wissenschaft. Denn in diesem Fall besteht neben der Beeinträchtigung des Bodenbereichs eine zusätzliche klimatisch relevante Belastung durch die Wärmestrahlung.

Somit würde die weitere Forcierung der Energiewende direkt in eine Klima- und Ökokatastrophe führen. Insbesondere auch die forcierte Elektromobilität ginge dann in eine völlig falsche Richtung. In diesem Sinne wären dann auch sämtliche Förderungen für derartige Anlagen oder Systeme zu hinterfragen.

8.12.9 Experimentelle Prüfung am Modell

Neben der Auswertung von Beobachtungen an real existierenden Solaranlagen wollten wir auch mittels eines eigenen Experimentes die Wirkung der Gestaltung von Absorptionsflächen nachvollziehen. Dies um letztlich auch auf diesem Wege unsere Schlussfolgerungen zu untermauern oder eventuelle Gegenargumente zu finden.

Wir wollten daher untersuchen, wie durch Änderung der Absorptionseigenschaften im Inneren eines Glashauses der Treibhauseffekt beeinflusst wird. Dies sollte zeigen, ob unsere bisherigen Schlussfolgerungen auch im Experiment gegeben sind. Der Versuchsaufbau sollte möglichst einfach und für jedermann nachvollziehbar sein. Er musste darüber hinaus unter definierten Bedingungen durchführbar sein. Damit entfielen Aufbauten im Freien, die durch die Wetterlage ganz unterschiedliche und schwer vergleichbare Ergebnisse liefern würden.



Bild 8-126: Versuchsaufbau zur Simulation des Treibhauseffektes für unterschiedlich absorbierende Körper.

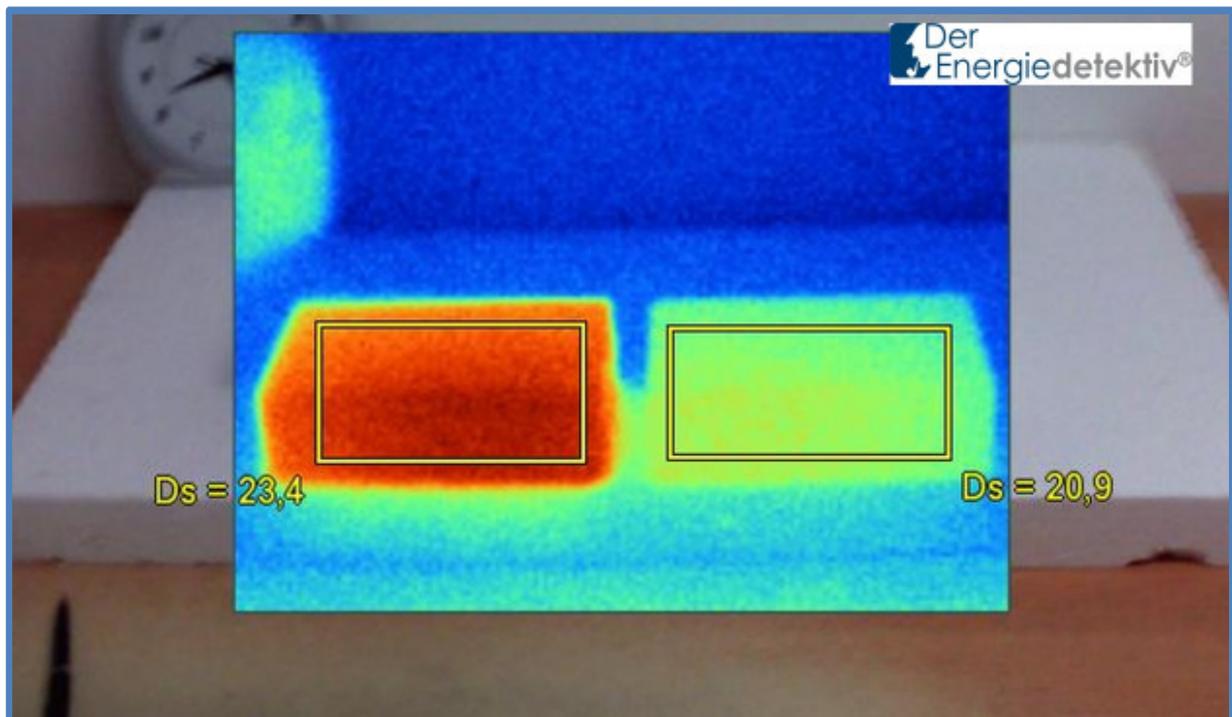
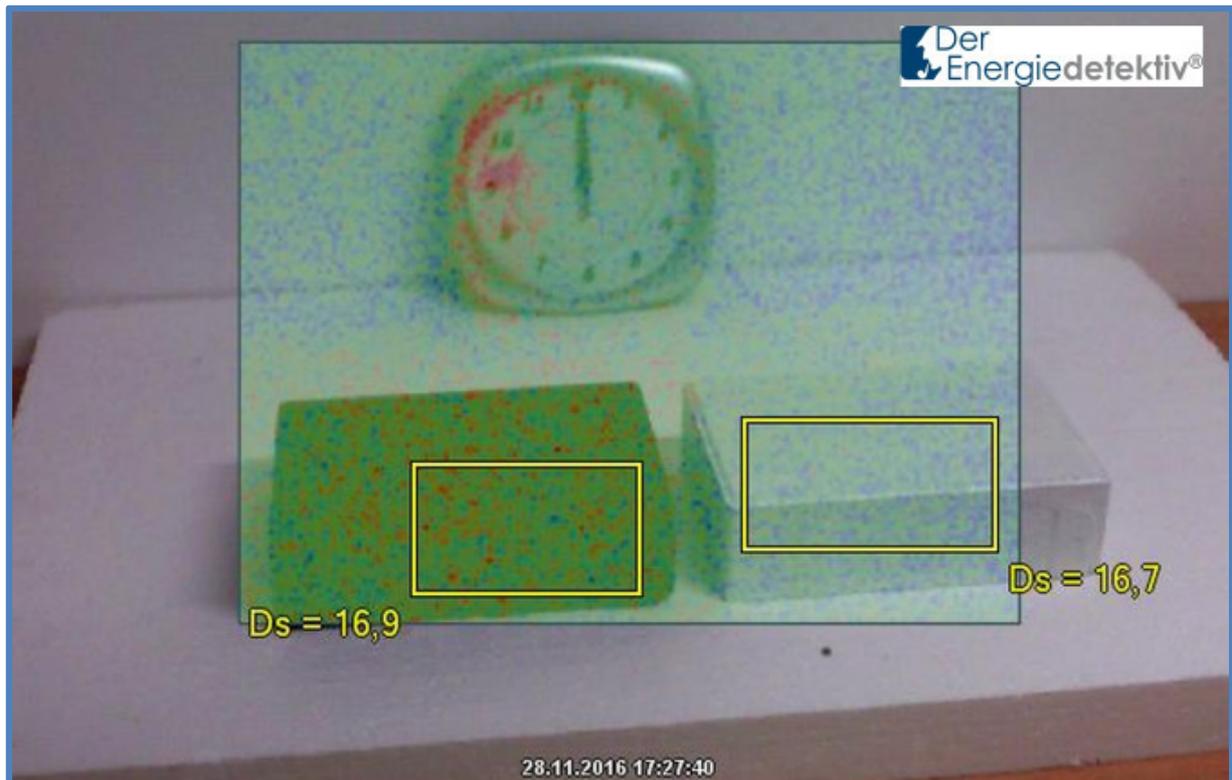
Wir haben uns daher für den in den Bildern 8-126 und 8-127 gezeigten Versuchsaufbau entschieden. Es befindet sich hier ein kleines Glashaus über einem Absorptionskörper. Das Glashaus ist ganz einfach ein umgedrehtes Aquarium aus Glas.



Bild 8-127: prinzipieller Aufbau zur Messung des Absorptionsverhaltens ohne Glashaushaus: beide Körper befinden sich auf einer Dämmplatte. Zur Messung werden die Zeit der Strahlungseinwirkung und Wärmebilder erfasst.

Die unterschiedlichen Absorptionskörper bestehen aus normierten Betonsteinen. Diese sind mit einem farblich unterschiedlichen Anstrich versehen, um Reflexions- und Absorptionseigenschaften zu verändern. Der Aufbau befindet sich auf einer 5 cm starken Polystyrolplatte, um die Wärmeabgabe nach unten möglichst zu verringern.

Im Glashaushaus ist ein einfaches Bimetall-Zeigerthermometer vorhanden. Zusätzlich ist eine genauere elektronische Temperaturmessung mit einem Temperatursensor gegeben. Die Hüllflächen um diesen Versuchsaufbau sind weitgehend in weiß gehalten. Die Versuchsanordnung befindet sich in unserem firmeneigenen Labor im Keller unseres Gebäudes. Hier herrschen eine sehr konstante Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Änderungen des Sonnenlichts sind nicht wahrnehmbar, da der Raum völlig verdunkelt werden kann. Statt der Sonne als Strahlungsquelle wird ein herkömmlicher Baustrahler verwendet.



8-128 und 8-129: Der Vergleich der Wärmebilder zeigt die unterschiedliche Aufwärmung der beiden Absorptionskörper. Oben das Wärmebild kurz vor Beginn, unten das Bild am Ende des Versuchs. Nach 500 Minuten haben die beiden Absorptionskörper eine Temperaturdifferenz von 2,6 Kelvin.

Damit kann unter recht konstanten Bedingungen nun ein Vergleich der unterschiedlichen Absorptionskörper in und außerhalb des Glashauses erfolgen. Zuerst erfolgte ein Vergleich der unterschiedlichen Absorption ohne den Treibhauseffekt (Aufbau nach Bild 8-129). Die unterschiedliche Absorption und damit Temperatur der Steine ist schnell anhand der Wärmebilder Bild 8-130 und 8-131 erkennbar. Der schwarze Körper hat sich um 6,5 Grad erwärmt, der weiße Körper nur um 4,2 Grad. Damit konnte der schwarze Körper um 55% mehr Energie aufnehmen, als der weiße Körper.

Temperaturanstieg durch geänderte Absorption 			
Typ	Ausgangstemperatur	Endtemperatur	Temperaturanstieg
	°C	°C	K
Schwarzer Betonstein	16,9	23,4	6,5
Weisser Betonstein	16,7	20,9	4,2

Bild 8-130: nach 500 Minuten hat das geänderte Absorptionsverhalten die Temperatur im schwarzen Betonstein deutlich stärker ansteigen lassen

Dieser Effekt wird dann auch im Glashaus untersucht. Hier muss aber vorausgeschickt werden, dass ein nicht unerheblicher Anteil der Strahlungsleistung des verwendeten Baustrahlers auch im Infrarotbereich vorliegt. Also in jenem Wellenlängenbereich, der an einer Glasfläche durch den Treibhauseffekt reflektiert wird. Damit gelangt dieser Teil der Energiestrahlung kaum ins Innere des Glashauses. Er fällt damit für die Temperaturerhöhung der Absorptionskörper weitgehend aus. Ins Innere des Glashauses dringt nun nur der nicht reflektierte Anteil des Strahlungsspektrums.

Daher sollte unser Versuchsmodell auch relativ gut die Situation der Solarstrahlung und des Treibhauseffektes wiedergeben. Die Aufheizung erfolgt weitgehend im sichtbaren Spektrum. Die Wärmestrahlung der Absorptionskörper hingegen führt dann über Reflexion zum Treibhauseffekt. Dies wird in Bild 8-131 deutlich. Hier ist der Temperaturanstieg gegenüber der Umgebungstemperatur dargestellt.

Klar erkennbar wird für beide Absorptionskörper der Treibhauseffekt. Denn die Temperatur steigt nun in kürzerer Zeit wesentlich höher an. Bereits nach etwa 300 Minuten ist ein Temperaturanstieg im Treibhaus mit dem weißen Absorptionskörper um 9,9 Grad festzustellen. Beim schwarzen Absorptionskörper liegt der Temperaturanstieg noch um ein Grad höher.

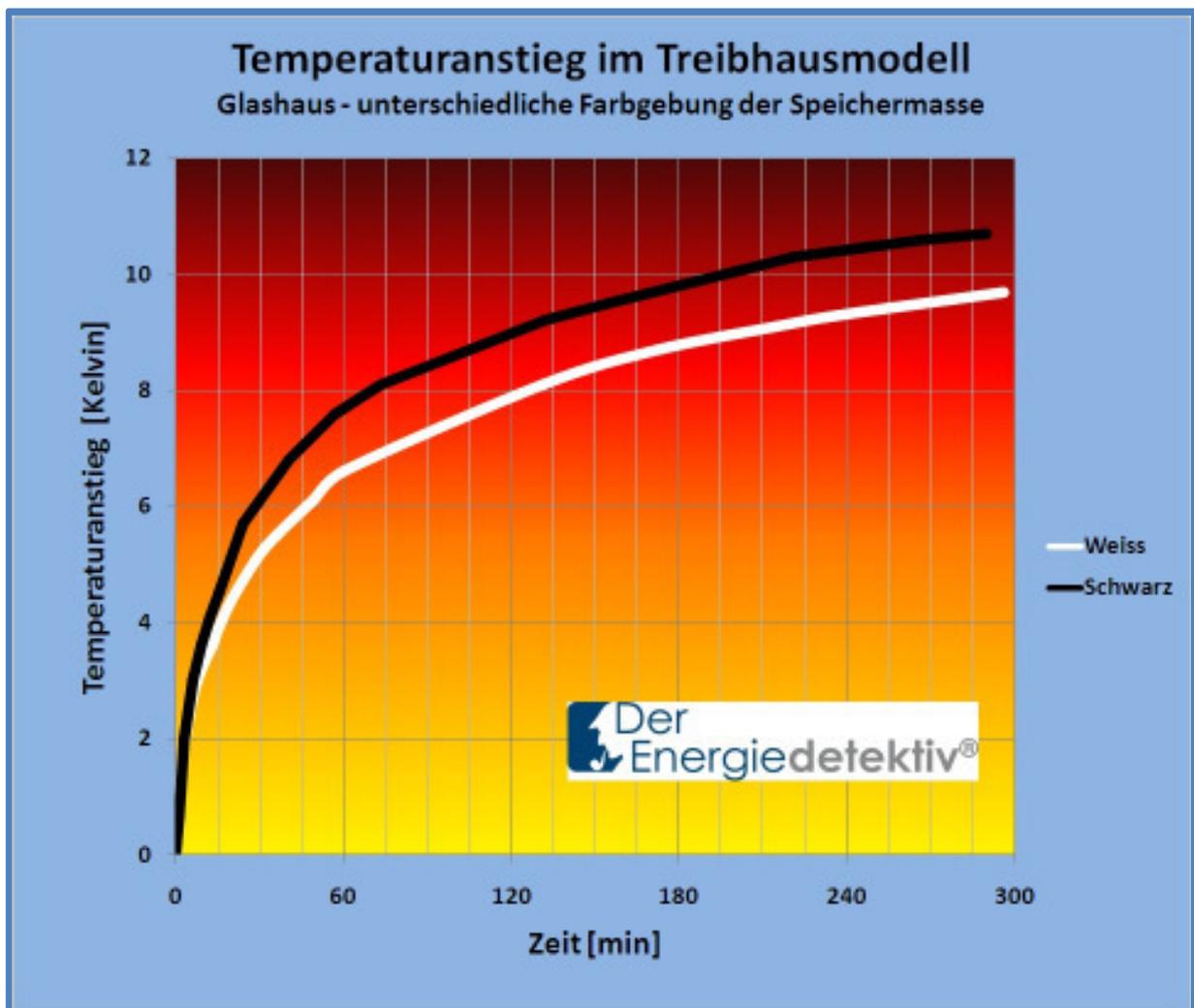


Bild 8-131: Temperaturanstieg durch den Treibhauseffekt im Modellversuch. Deutlich erkennbar der Unterschied alleine aufgrund der unterschiedlichen Farbanstriche

Es ist damit der Treibhauseffekt in den Messungen nachvollziehbar erkennbar. Aber auch der Einfluss des unterschiedlichen Absorptionsverhaltens wird deutlich. Der schwarze Absorptionskörper führt zu einem um 10% höheren Temperaturanstieg.

Mancher mag diesen Unterschied vielleicht als relativ gering betrachten. Der scheinbar geringe Unterschied von einem Kelvin mag das suggerieren. Wir sollten uns allerdings daran erinnern, dass das Treibhaus Erde einen Temperaturunterschied von 285 Kelvin erzeugt. Das klimapolitische 2-Grad-Ziel entspricht dabei der Anforderung die Klimaanlage der Erde auf 0,7% genau zu regulieren (s. Kap. 7.).

In unserem Treibhaus haben wir hingegen einen Temperaturunterschied von 10,1 % erreicht. Mit einer ganz simplen Technik. Wir haben einfach den Anstrich auf einer Betonplatte geändert. Legt man diese Temperaturänderung von 10,1% auf den Treibhauseffekt bei der Erde um, ergäbe das einen Unterschied von 28,8 Kelvin. Das würde bedeuten, dass die mittlere Temperatur auf Erden von 15°C auf 43,8°C ansteigt. Eine ganz simple Änderung der Absorptionsrate führt damit in 300 Minuten in die irdische Klimahölle.

Nun kann man natürlich Gründe anführen, warum eine derartige direkte Umrechnung auf die Klimaanlage der Erde problematisch ist. Dem würden wir wohl auch selbst zustimmen. So bleibt der kühlende Effekt von Wolken, Niederschlag und Verdunstung hier unberücksichtigt.

Wichtiger ist jedoch in Zusammenhang mit unseren Beobachtungen, dass jedermann anhand eines ganz simplen Versuchs erkennen und nachprüfen kann, dass alleine die Änderung der Oberfläche massivste Auswirkungen auf das Klima in einem Treibhaus hat!

Genau das passiert aber, wenn wir vermehrt hoch absorbierende Flächen in den irdischen Bodenbereich einbringen. Das können technische Solaranlagen ebenso sein, wie andere konstruktive Gegebenheiten der menschlichen Entwicklung.

8.12.10 Experimente schaffen Wissen

Das Experiment untermauert damit die Zulässigkeit unserer Argumentationskette. Wir konnten mit diesem Experiment keine Gründe finden, die unsere Behauptung einer negativen Wirkung von Solarflächen auf den Wärmehaushalt im irdischen Treibhaus entkräftet. Im Gegenteil folgern wir aus diesen Messungen, dass einfache Veränderungen an der Oberfläche überraschend große Folgewirkungen nach sich ziehen. Ein simpler Farbanstrich auf sonst gleichem Bodenaufbau ändert die Temperatur extrem.

In diesem Sinne steigert das Experiment unsere Beunruhigung. Denn in Wirklichkeit sind wir alle, die wir hier auf Erden leben, derzeit die Versuchskaninchen in einem solchen Experiment. Einem Experiment mit ungewissem Ausgang. Nichts anderes ist nämlich der Versuch des radikalen Umbaus der Energieversorgung im Namen des Klimaschutzes.

Experimente sind die Kernelemente jeder Wissenschaft. Durch die Entwicklung des Experiments wurde erst die moderne Wissenschaft möglich. Der Versuch bzw. das Experiment ist die Grundlage jeder neuen Erkenntnis. Galileo Galilei war es, der diese Methode entwickelte. Mit seiner Vorgehensweise, die Natur durch die Kombination von Experimenten, Messungen und mathematischen Analysen zu erforschen wurde er einer der wichtigsten Begründer der neuzeitlichen exakten Naturwissenschaften [8-37].

Seine Methode des Experiments war eine Gefährdung der Machtverhältnisse seiner Zeit. Heute wissen wir hingegen, dass die experimentelle Vorgehensweise eigentlich dem Schutz der Menschen dient und nicht deren Gefährdung. Denn im ungefährlichen Versuchsaufbau stellt man ganz spezifische Fragen an die Natur, um Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen zu ziehen. Erst später, bei Vorliegen nachvollziehbarer Erkenntnisse, werden für die Menschheit nützliche Anwendungen daraus entwickelt.

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel basieren allerdings derzeit alle Entscheidungen auf Computermodellen. Verlässliche Experimente im Vorfeld sind aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge schwer möglich. So sind wir derzeit

alle Beobachter und Gefangene in einem höchst gefährlichen Experiment mit ungewissem Ausgang. Sie werter Leser, werte Leserin sind ebenso wie „Der Energiedetektiv“ nur ein kleines Versuchskaninchen der Klimabesorgten.

Dies ist eine durchaus beunruhigende Erkenntnis. Denn hätten wir ein Kaninchen in unserem kleinen Glashaus-Experiment verwendet, würde der Tierschutz aktiv werden. Er müsste den Versuch abbrechen und das Kaninchen befreien, bevor die erhöhte Absorption das Kaninchen grillt. Manchmal fragen wir uns, wer eigentlich für den Menschenschutz im Klimaexperiment Energiewende zuständig ist? Um es ganz offen zu sagen, es sind dringendst Maßnahmen nötig, um die Menschen vor falschen Experimenten im Klimaschutz zu schützen! Es wäre dringend an der Zeit hier mit gleicher Vorsicht und Aufmerksamkeit vorzugehen, wie es im Tierschutz üblich ist. Tierschützer kritisieren zu Recht die brutale Vorgehensweise gegen Laborratten. Eine ähnliche Kritikfähigkeit im Klimaschutz ist leider nicht gegeben. Obwohl wir alle wie Laborratten gezwungen sind, an diesem Versuch teilzunehmen!

In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, dass man ein zum Klimawandel zumindest thematisch vergleichbares Experiment bereits einmal durchgeführt hat. Dieses Experiment musste dann abgebrochen werden. Völlig unerwartete Ergebnisse gefährdeten die betroffenen Versuchspersonen. Es handelt sich um das Projekt „Biosphere 2“. Man hatte ein riesiges Treibhaus geschaffen. Auf 13.000 Quadratmetern und unter 6.600 Glasplatten, die in über 40 Kilometer Stahlrahmen eingelassen waren, versuchte man ein von der Außenwelt unabhängiges, sich selbst erhaltendes Ökosystem zu schaffen. Ein Treibhaus für geplatzte Träume nannte es die Neue Zürcher Zeitung und berichtete:

.... Das Experiment Biosphäre 2, das vor zwanzig Jahren in der Wüste von Arizona stattfand, wurde seinerzeit als «das aufregendste wissenschaftliche Projekt seit der Mondlandung» gefeiert.... Als die acht Versuchspersonen am 26. September 1993 nach zwei Jahren und zwanzig Minuten die Hightech-Arche in der Nähe von Tucson verließen, hatten sie nicht nur 24 Monate Kampf mit dem Bio-Kreislauf, sondern auch bittere Auseinandersetzungen hinter sich. Ständiger Hunger, mangelnder Sauerstoff und das Missmanagement der Betreiber hatten dermaßen an den Nerven gezerrt, dass die Teilnehmer sich in zwei tief verfeindete

Gruppen gespalten hatten. Das Experiment sollte beweisen, dass in einem eigenständigen, geschlossenen ökologischen System Leben langfristig möglich ist. Es gilt nach zwei erfolglosen Versuchen als gescheitert.....[8-38]

Der Westdeutsche Rundfunk WDR berichtete, dass die Insassen die 29 Klimaanlage und 150 Pumpen ständig nachregulieren mussten. Ein ums andere Mal war man gezwungen zu versuchen das Ökosystem eines Miniatur-Regenwaldes im Gleichgewicht zu halten.

Das Experiment wurde schließlich offiziell beendet und die Anlage von der Columbia University übernommen. Diese wollte in dem einzigartigen Mikrokosmos Fragen des Klimawandels erforschen. 2004 allerdings wollte die Universität die Stromkosten von 150.000 US-Dollar für die Kühlung der Anlage nicht mehr aufbringen und stieg aus [8-40].

Die Teilnehmer waren von der notorischen Schlaf- und Energielosigkeit, dem ständigen Hunger und den internen Spannungen schließlich derart demoralisiert, dass sie in ständiger Angst voreinander lebten. Die Neue Zürcher Zeitung lässt am Ende ihres Berichtes auch noch Jane Poynter, eine Teilnehmerin sagen: **„Wir können stolz sein, dass wir einander nicht umbrachten“** [8-38].

Weitere, wirklich namhafte Experimente zu unserem Thema „Treibhauseffekt“ und Energiewende sind uns nicht bekannt. So können wir nur festhalten, dass wir alle zusammen Teil eines gigantischen Experiments sind. Wir wollen hoffen, dass das Ende des Experiments zumindest gleich erfreulich sein wird und wir einander nicht umbringen.

Es ist aber unser aller Aufgabe mit offenen Augen und Ohren die Entwicklungen zu verfolgen und als Sachverständige auf Fehlentwicklungen hinzuweisen. Der Autor hat drei Jahrzehnte Erfahrung in Energieberatung und Klimaschutz und ist vielfach für sein Engagement ausgezeichnet worden. Als jemand der unmittelbar an der „Front“ steht und sich wohl als Fachmann in Energiefragen bezeichnen darf, ist es daher Verpflichtung vor den aktuellen Fehlentwicklungen dringend zu warnen!

Unsere Beobachtungen zwingen uns geradezu dieser Warnpflicht mit aller Deutlichkeit nachzukommen. Wir sind aufgrund unserer Beobachtungen zu der Einschätzung gekommen, dass durch die Verwendung von Solaranlagen eine potentielle Gefahr für das Klima ausgeht. Die Tatsache, dass die klimaschädigende Wirkung auf Treibhausgase mit der vierten Potenz der Temperatur steigt, halten wir für eine extrem gefährliche Situation in diesem Zusammenhang.

Leider haben weitere Beobachtungen und Auswertungen zusätzliche Erkenntnisse geliefert. Sie zeigen, dass weitere negative Effekte im Klimaschutz bestehen. Darauf werden wir in den folgenden Kapiteln noch hinweisen. Vorher soll allerdings der bis hier dargestellte Erkenntnisstand zusammengefasst werden.

Neben der Beeinträchtigung des Bodenlebens durch den Schattenwurf führen Solaranlagen zu einer erhöhten Wärmebelastung für ihre Umgebung. Die Wärmeabgabe kann dabei auf unterschiedliche Art erfolgen und wird weiter unten noch näher analysiert. In Zusammenhang mit dem Treibhauseffekt ist die Untersuchung der Wärmestrahlung besonders wichtig.

In diesem Kapitel haben wir bisher versucht zu erklären, warum wir einen negativen Einfluss auf die Treibhausgase aufgrund der Wärmestrahlung vermuten. In den folgenden Bildern 8-132 und 8-133 wird versucht schematisch die von uns vermuteten Zusammenhänge nochmals darzustellen. Wesentlich für die Wärmestrahlung ist dabei immer die Oberflächentemperatur.

Wir haben in den beiden Bildern 8-132 und 8-133 einen Vergleich der technischen und der biologischen Nutzung von Sonnenenergie einander gegenübergestellt. Im linken Bereich der Bilder sind die Zusammenhänge bei technischen Solaranlagen dargestellt. Im rechten Bildteil erfolgt jeweils ein Vergleich mit einer rein „biologischen Solaranlage“ in Form der Vegetation (Baum, Strauch etc.). So wird leichter erkennbar, welche negativen Auswirkungen auf Leben und Klima gegeben sind.

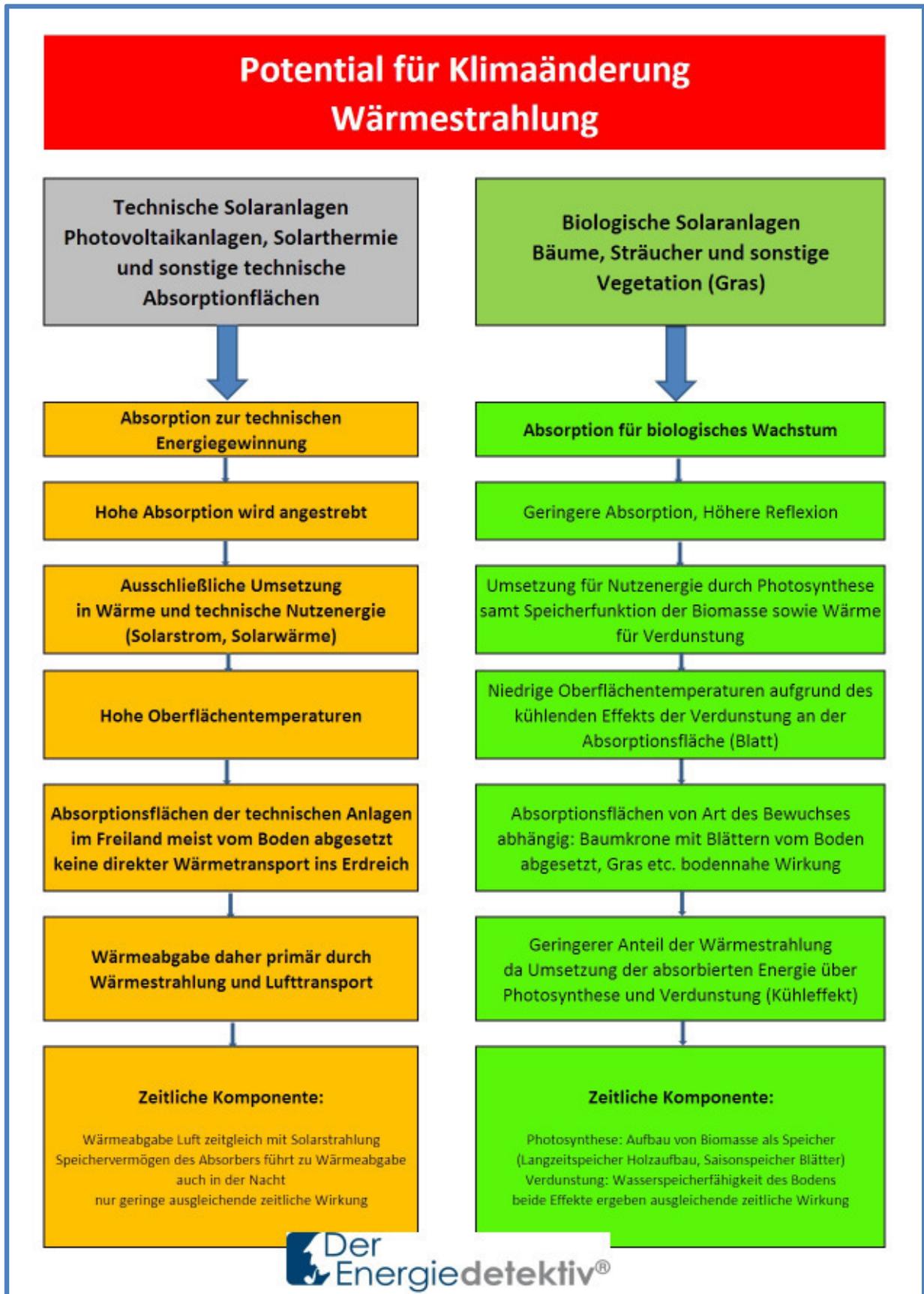


Bild 8-132: Beobachtungen und Argumente warum bei Solaranlagen eine höhere Strahlungsleistung gegenüber begrünten Bereichen zu erwarten ist



Bild 8-133: Die Strahlungsleistung steigt mit der vierten Potenz der Temperatur. Höhere Oberflächentemperaturen an Solaranlagen lassen daher eine massive Verstärkung der Wirkung auf Treibhausgase erwarten. Dieses Schema fasst die von uns vermuteten Auswirkungen auf regionales und globales Klima zusammen.

8.13 Die vergessenen Solaranlagen

Die Veränderung der Umwelt bleibt nicht ohne Folgen. Das trifft für die großtechnische Nutzung der Solarenergie sicher auch zu. Wir haben gesehen, dass die Absorption von Sonnenstrahlen auf schwarzen Flächen besonders groß ist. In Verbindung mit dem Anstieg der Temperatur in einem schwarzen Körper kommt es zu erhöhter Wärmestrahlung.

Gleichzeitig wird bei Photovoltaikanlagen über Grünflächen die Kühlfunktion der Vegetation verringert. Da die Leistung der Wärmestrahlung mit der vierten Potenz der Temperatur zunimmt, muss dies nach dem gängigen Klimamodell den Treibhauseffekt stark erhöhen.

Wir sind hier davon ausgegangen, dass Solaranlagen im Freiland errichtet werden. Sie geraten dabei in Konkurrenz mit den Pflanzen, die ebenfalls die Energie aus der Sonne nutzen wollen. Prinzipiell gilt dieser Effekt allerdings auch für jede andere absorbierende Fläche, deren Temperatur durch Sonneneinstrahlung erhöht wird und die gleichzeitig das Wachstum auf einer Grünfläche verdrängt, behindert oder ersetzt.

405

Wenn wir die Situation so betrachten, sollten wir nicht vergessen, dass wir bereits seit längerem relativ große Solaranlagen in den entwickelten Ländern im Freiland errichtet haben. Dabei haben wir zur Effizienzsteigerung dieser Solaranlagen in den letzten Jahre Maßnahmen gesetzt, die den Klimaeffekt noch deutlich verstärkt haben dürften.

Wir meinen dabei das Straßennetz, das in den europäischen Ländern doch sehr ausgeprägt ist. Die Oberflächen der Fahrbahnen sind meist aus Asphalt oder recht dunklem Beton. Die dunkle Farbe der Fahrbahn ist erforderlich, um eine zu starke Blendung zu vermeiden. Für Zeiten mit wenig Licht wird dafür die Fahrbahn mit hellen Farbstreifen markiert.

Die dunkle Gestaltung der Oberfläche führt natürlich dazu, dass die Fahrbahn stark Sonnenstrahlen absorbieren kann. Sie nimmt nun Energie bzw. Wärme auf. Dieser Effekt ist in Wärmebildern sehr gut erkennbar. Zum Beispiel zeigt Bild 8-134 eine

Landstraße in der Steiermark. Die Aufnahme entstand Ende August. Am Asphalt der Straße herrscht eine Temperatur um 46°C. Gleich daneben am Grünstreifen hingegen sind es fast 20 Grad weniger.

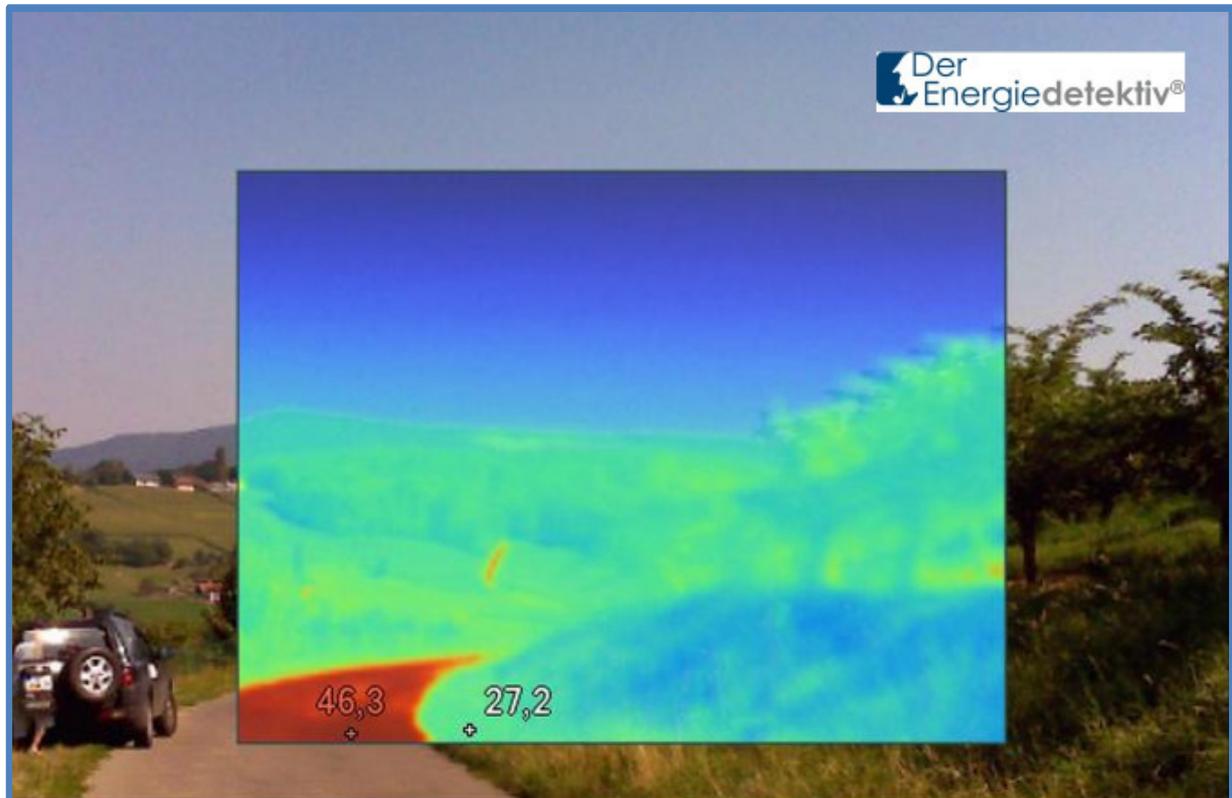


Bild 8-134: diese Aufnahme entstand Ende August und zeigt den hohen Temperaturunterschied zwischen dem dunklen Asphalt und dem grünen Randbereich zur Wiese

Die Strahlungsleistung auf der Straße beträgt damit ca. 590 Watt pro Quadratmeter. Sie ist somit um 200 Watt pro Quadratmeter höher als der Referenzwert des Klimamodells. Gegenüber dem grünen Randbereich ist zu diesem Zeitpunkt die Strahlungsleistung um 130 W/m² höher. Daher muss man davon ausgehen, dass solche Unterschiede durchaus eine Rolle für den Klimawandel spielen.

Die Asphaltoberfläche der Straße hat damit einen vergleichbaren Effekt wie eine Solaranlage. Sie nimmt Wärme auf und gibt diese an die Umgebung ab. Ein Teil davon wandert in das Erdreich. Gleichzeitig wird aber auch ein recht hoher Wert an Infrarotstrahlung produziert, die senkrecht zum Himmel gerichtet ist. Damit wird diese Strahlungsleistung direkt für die Treibhausgase relevant, die dadurch erwärmt werden.

Mit der Solaranlage „Asphaltstraße“ wird also hier ein beachtlicher Beitrag zur Klimaerwärmung geleistet. Der Effekt müsste allerdings nicht so ausgeprägt sein, wie er in diesem Beispiel bisher dargestellt ist. Das zeigt uns eine weitere, naheliegende Beobachtung: Wir bleiben an der gleichen Position auf der Straße wie im letzten Bild. Nur drehen wir uns in die andere Richtung. Dann sehen wir den Straßenverlauf von Bild 8-135. Hier steht ein einzelner Baum am Straßenrand, der einen ausgeprägten Schatten wirft. Das Wärmebild 8-136 zeigt den Temperaturunterschied aufgrund des Schattens. Entlang der Straße haben wir die eingezeichnete Linie genauer grafisch ausgewertet. Dieses Diagramm zeigt Bild 8-137. Die Temperatur auf der Straße sinkt massiv im Schattenbereich. Um mehr als 20 Grad liegt die Temperatur im Schatten tiefer.

Ein solcher Baum kann daher stark zur Verringerung der Wärmestrahlung einer Straße beitragen. Letztlich sind Bäume nichts anderes als kleine Klimaanlage, die die Sonnenenergie in Nahrung und Holzaufbau umwandeln und gleichzeitig Schatten spenden sowie durch Verdunstung die Oberfläche kühlen.

Die Verdunstung transportiert natürlich auch die Wärme in Form des Treibhausgases Wasserdampf in höhere Sphären. Aber das Kleinklima am Boden wäre erträglicher und zusätzlich würde das CO₂ in der Atmosphäre nicht erwärmt. Der Unterschied in der Strahlungsleistung lässt sich für diese Werte auch errechnen. Zwischen dem kältesten Punkt im Schatten und dem warmen Maximum am Anfang der Messlinie besteht ein Unterschied von 143 Watt pro Quadratmeter.

Die ganz einfache biologische Solaranlage „Baum“ reduziert damit die Wärmestrahlung auf die Treibhausgase massiv und speichert gleichzeitig Energie in seinen Früchten. In dieser Region Österreichs sind das übrigens oft Edelkastanien, die ein wunderbares Essen im Winter ergeben. Das Holz der Edelkastanie ist sehr widerstandsfähig und daher gerade im Freibereich und Wasserbau begehrt. Unter Wasser ist Kastanienholz eines der dauerhaftesten Hölzer. Derartiges Schnittholz wird zu einem Preis von 1.400 €/m³ gehandelt [8-29]. Für frühere Generationen war der Straßenrand so noch höchst produktiver Wirtschaftsraum.



Bild 8-135: Der Straßenverlauf in die Gegenrichtung. Ein einzelner Baum am Straßenrand sorgt für einen Schattenbereich auf der Straße

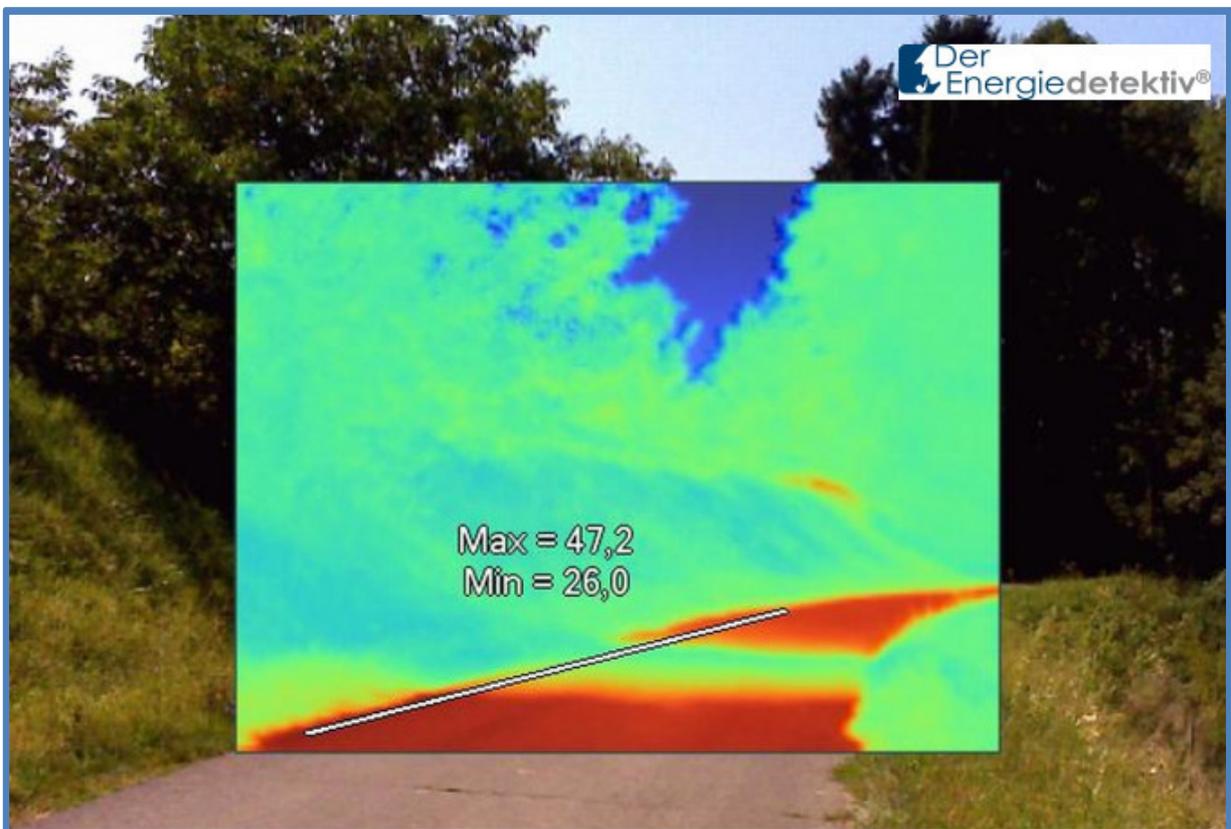


Bild 8-136: das Wärmebild macht die unterschiedlichen Temperaturen sichtbar

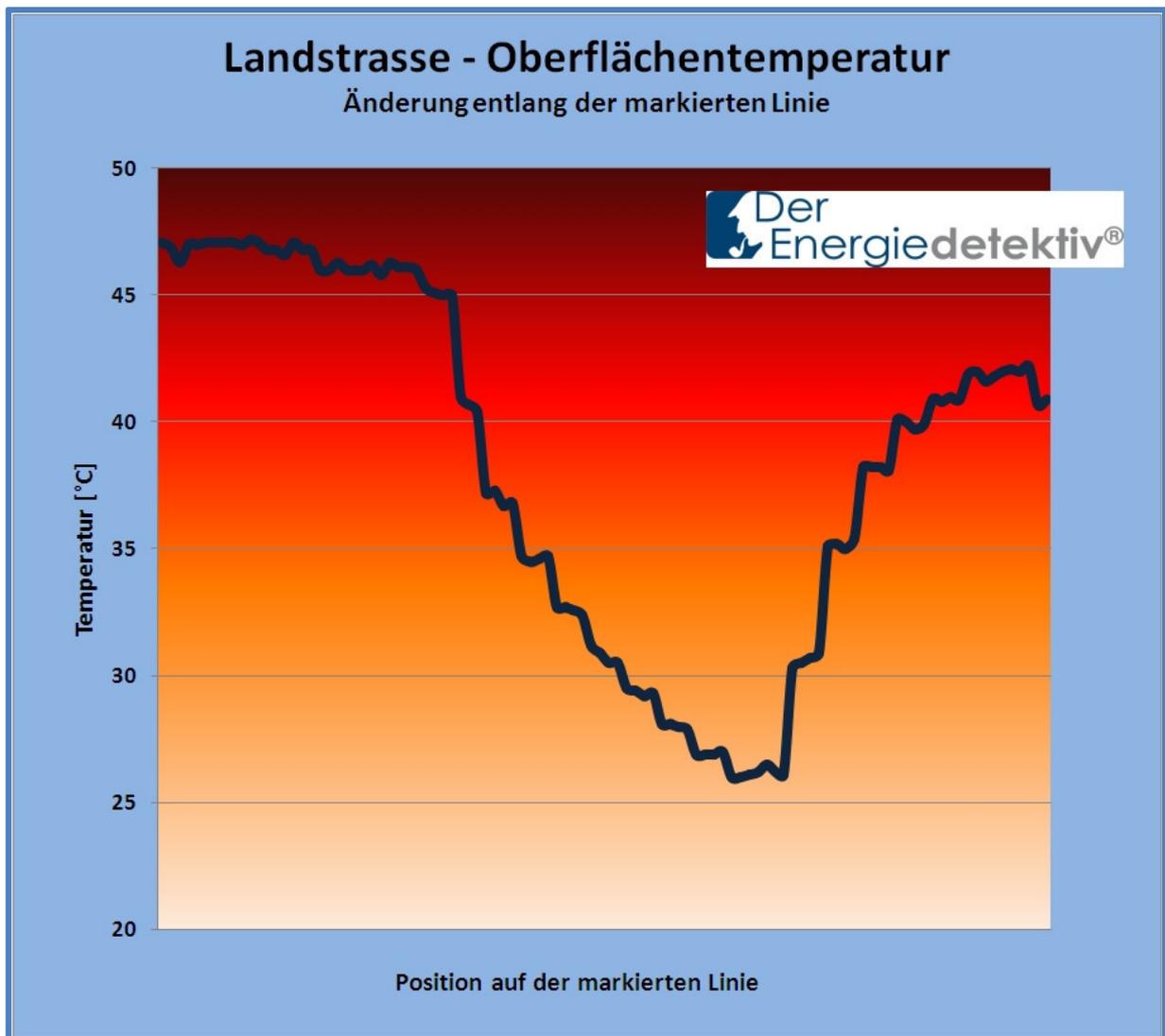


Bild 8-137: die stark kühlende Funktion des Schattens ist in der Detailauswertung der Temperaturen entlang der Straße (s. weiße Linie in Bild 8-136) klar zu sehen

Frühere Generationen waren sich auch der positiven Wirkung der Schattenspende sehr bewusst. Napoleon hat beispielsweise Alleen entlang strategischer Marschrouten anlegen lassen. Das steigerte die Marschleistung und förderte die Ausdauer von Mensch und Tier. Andere folgten seinem Beispiel.

Erst ab etwa den 1960er Jahren kam es zur Vernichtung der Alleen entlang der Hauptverkehrsrouten. Die Gefahr von Verkehrsunfällen aufgrund abbrechender Äste, umstürzender Bäume oder einer direkten Kollision war zu groß. Vom Klimawandel durch CO₂ wusste man damals noch nichts, man fürchtete eher eine neue Eiszeit. Der immer schnellere und stärkere Autoverkehr hatte daher Vorrang vor dem Schutz der Bäume.



Bild 8-138 und 8-139: die beiden Bilder aus der Toskana zeigen, dass Bäume an den Straßen in wärmeren Regionen immer noch gelegentlich Klimaschutz leisten

Daher sind heute die meisten Alleen verschwunden. So meinte ein Diskussionsbeitrag in einem Motorforum zu Alleebäumen:

....„Weg mit diesen vorsintflutlichen, heute nur noch nachteiligen Relikten!“ [8-30].

Allerdings kann man sie mancherorts doch noch antreffen. Die Bilder 8-138 und 8-139 zeigen Alleen in der Toskana, deren Schattenwurf ganz wesentlich das Kleinklima bestimmt. Solche Bäume mögen für den Verkehr hinderlich sein, der Umweltnutzen wäre aber sehr groß. Denn sogar mitten in der Nacht kann man mit Wärmebildern die Wirkung des Schattenwurfs von Bäumen dokumentieren. Wir konnten auf Straßen und Parkplätzen in Österreich zahlreiche derartige Situationen dokumentieren. Die Temperaturerhöhung durch die Erwärmung der Straße ist die ganze Nacht über nachweisbar.

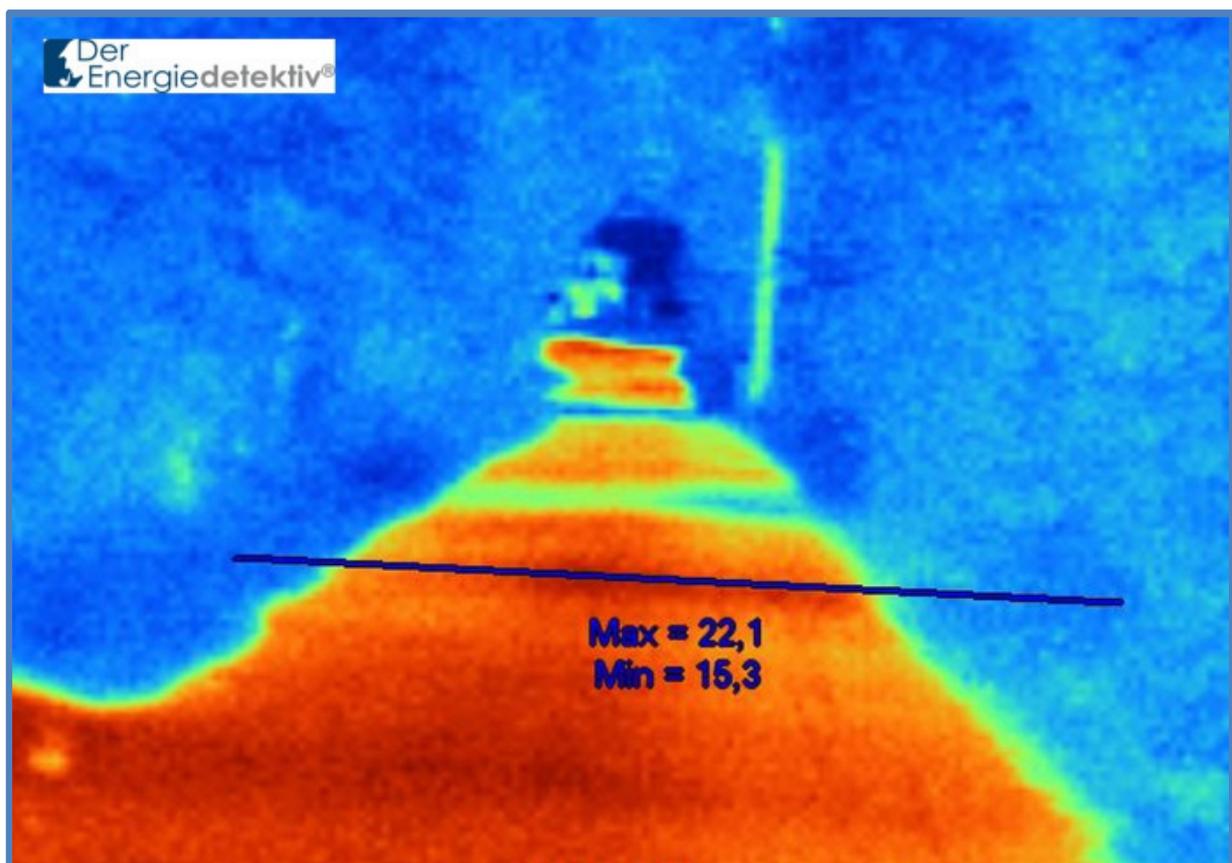


Bild 8-140: eine asphaltierte Straße während der Nacht im August

Bild 8-140 zeigt zum Beispiel ein Wärmebild einer asphaltierten, einspurigen Straße am Stadtrand von Graz. Neben dieser ist ein Bewuchs aus Gras, Sträuchern und Bäumen gegeben. Diese Straße ist auch nachts im August um ca. 7 Grad wärmer als

der Grünbereich. Dies zeigt die nähere Auswertung des Wärmebilds entlang der markierten Linie (Bild 8-143).

Auf dem Wärmebild sind im Übrigen im Hintergrund 2 Bereiche auf der Straße erkennbar, die deutlich kühler („blauer“) sind. An beiden Stellen sorgt der Bewuchs ganztägig für einen stärkeren Schatten in diesem Bereich. Allerdings ist der restliche Teil der, in Südrichtung verlaufenden Straße auch nicht den ganzen Tag der prallen Sonne ausgesetzt. Der Randbereich ist mit höheren Sträuchern und Bäumen bewachsen, die die direkten Sonnenstunden auch im Hochsommer reduzieren. Ohne diese Vegetation wären ganzjährig auf der Straße viel höhere Temperaturen gegeben.

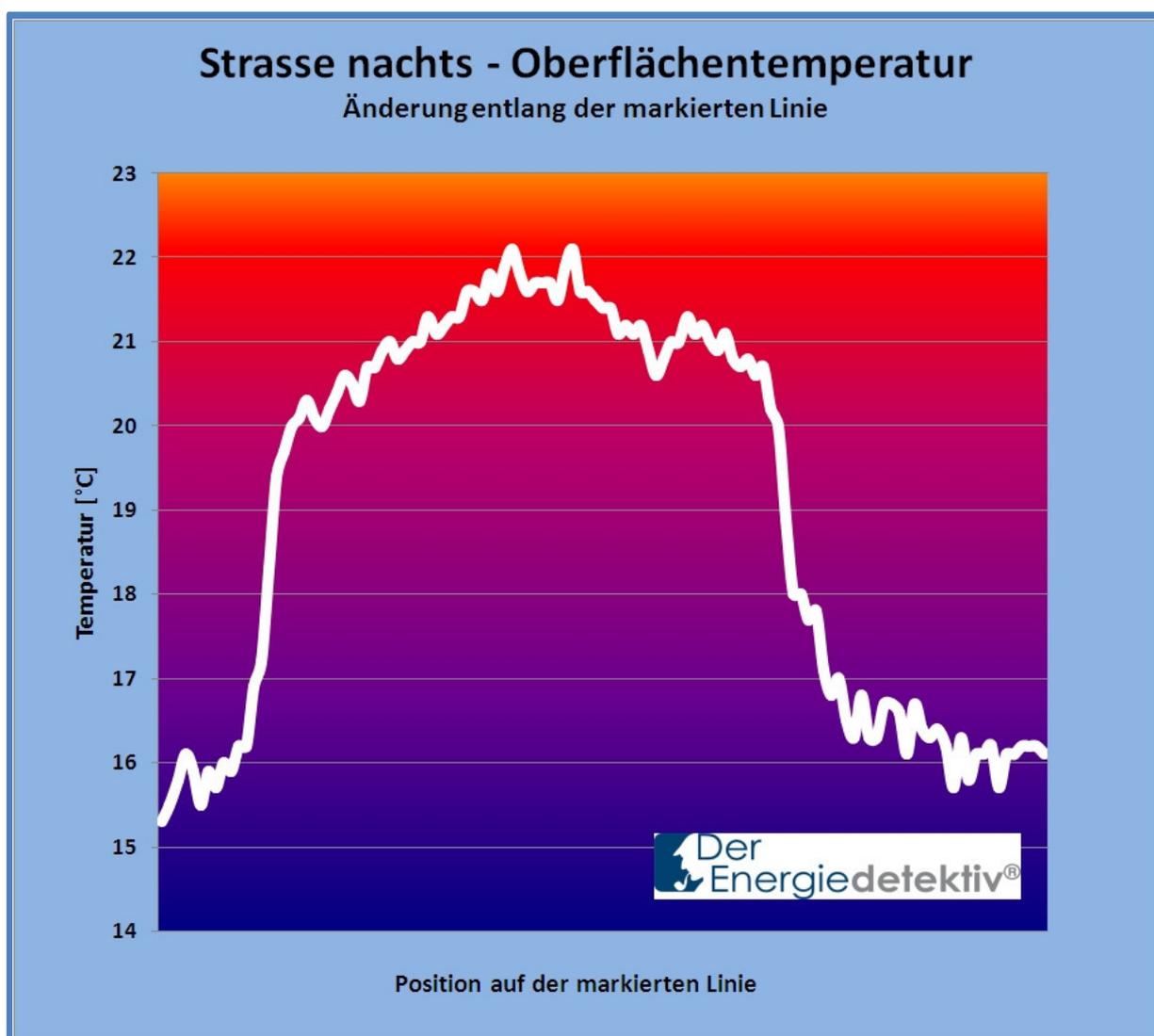


Bild 8-141: die Auswertung des Wärmebildes (8-140) entlang der eingezeichneten Linie verdeutlicht die Temperaturdifferenzen

Wir haben also festgestellt, dass die höhere Temperatur auf Asphaltstraßen durchaus den Temperaturwerten eines PV-Moduls nahe kommt. Daher ist mit den vorhandenen Straßenkörpern auch eine ähnlich erhöhte Wärmestrahlung gegeben. Diese wirkt auf die Treibhausgase und verstärkt den Klimawandel. Selbstverständlich gilt das in gleicher Weise auch für jeden unbeschatteten Asphaltparkplatz beim Supermarkt oder Einkaufszentrum.

Die Bilder 8-142 und 8-143 zeigen exemplarisch die hohen Temperaturen auf einem unbeschatteten Parkplatz. Während auf der Asphaltfläche an diesem heißen Sommertag eine Temperatur um 50°C herrscht, weist der Vegetationsbereich im Hintergrund eine Temperatur von etwa 23°C auf. Die Lufttemperatur betrug zu diesem Zeitpunkt etwa 27°C. In den Bauverfahren werden zwar meist entsprechende Bäume vorgeschrieben bzw. vereinbart. Die weisen dann oft nur ein Breitenwachstum am Baumstamm auf und erinnern sonst eher an einen Bonsai. Die Bilder 8-142 und 8-143 zeigen exemplarisch einige kleine Laubbäume bei Parkplätzen. Wesentlicher Schattenwurf ist selten, denn der Höhenwuchs wird gerne unterbunden. Schließlich kann man so Haftungsfragen und erhöhten Pflegeaufwand vermeiden. Was für private Unternehmen verständlich ist zumal auch bei öffentlichen Straßen ähnlich gehandelt wird.

Wir haben versucht die Strahlungsleistung für einige, uns näher bekannte Flächen abzuschätzen. Beispielsweise für eine Fläche von ca. 7.800 m² bei einem Lebensmitteldiskonter. Bei den bisherigen Beobachtungen haben wir einen Unterschied der Strahlungsleistung von 130 W/m²K zwischen Grünbereich und Asphaltfläche für Straßenkörper ermittelt. Bei 7.800 m² entspricht dies einer Gesamtleistung von 1.014.000 Watt bzw. rund einem Megawatt. An einem heißen Sommertag schickt also ein Parkplatz eines einzigen Lebensmittelmarktes eine zusätzliche Strahlungsleistung von einem Megawatt zum Himmel! Bei einer anderen Situation ist bei einem Möbelhaus eine Parkplatzfläche von ca. 21.700 m² gegeben. Kleine Bäume sind vorhanden, aber jeder Autofahrer sucht vergeblich einen Schattenparkplatz. Denn diese Bäumchen können auch nicht helfen. Dieser Parkplatz ist zum größten Teil der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt. Er hat gegenüber einer Grünfläche damit eine „Strahlungsleistung“ von ca. 2,8 Megawatt.

Ähnliche Situationen kann der Leser jederzeit bequem auch vom Computer mit Luftbildern oder beim täglichen Einkauf selbst finden und ggf. nachrechnen.



414

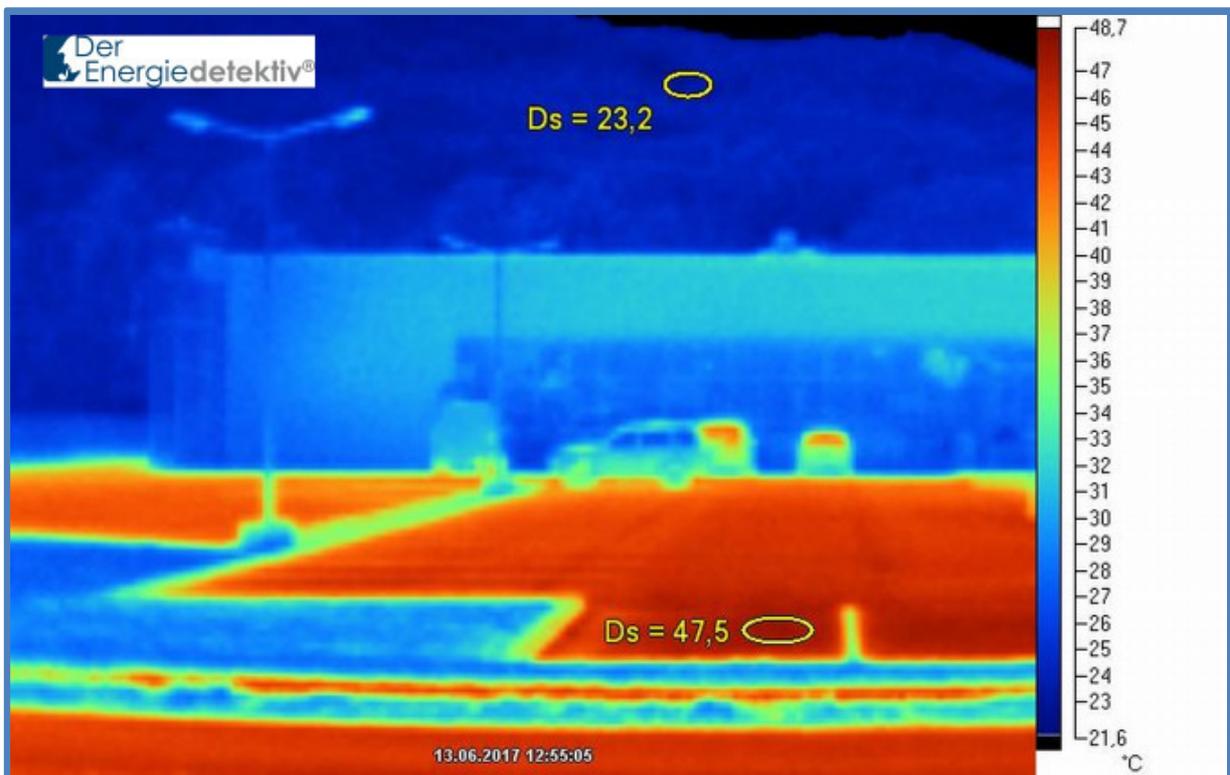


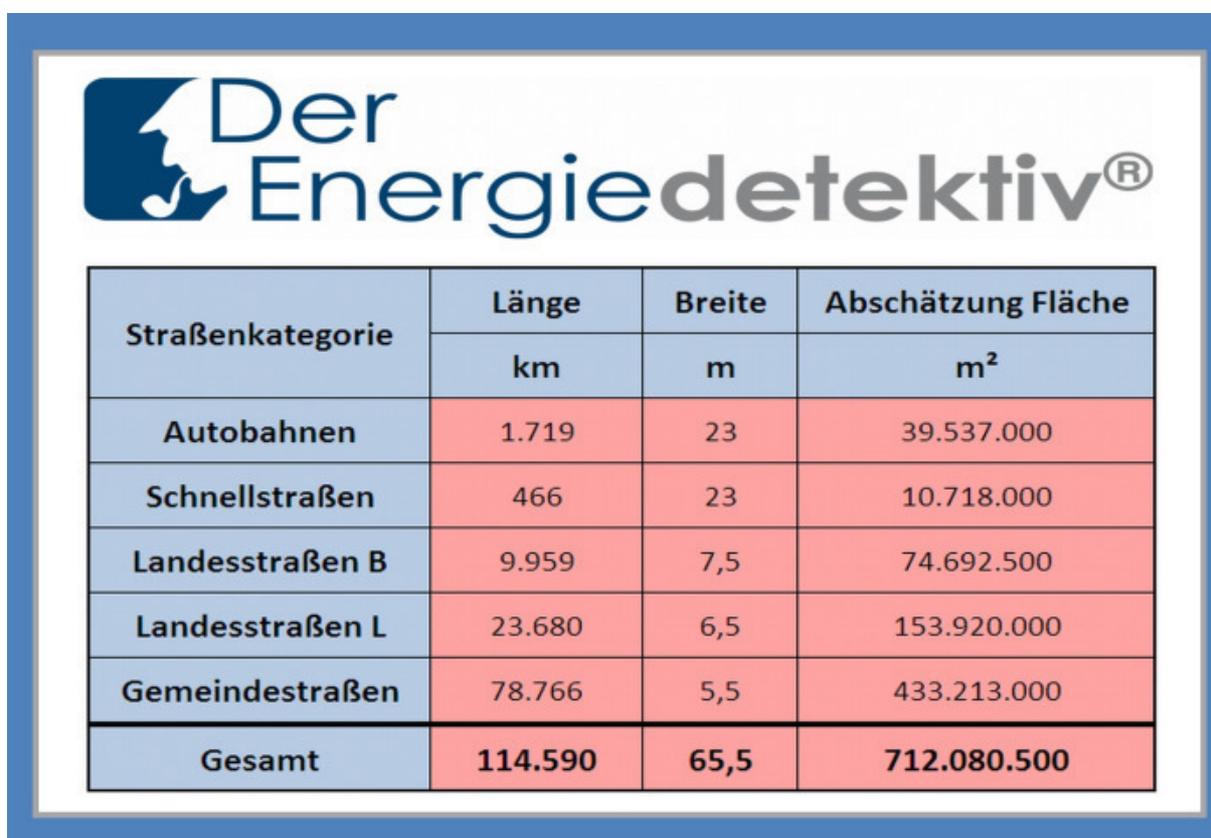
Bild 8-142 und 8-143: dieser Vergleich macht die hohen Temperaturunterschiede zwischen der Asphaltfläche am Parkplatz und der Vegetation im Hintergrund sichtbar



Bild 8-144 und 8-145: auf Parkplätzen von Einkaufszentren oder Märkten findet man Bäume, bei denen Kronenwachstum und Schattenwurf nicht besonders forciert sind

Die rechnerischen Strahlungsleistungen von unbeschatteten Verkehrs- und Parkflächen sind enorm. Wir können nun schon erahnen, welchen Beitrag das gesamte Straßennetz eines Landes an Strahlungsleistung für den Klimawandel erbringt. Wir wollen das kurz für Österreich noch näher abschätzen.

Dazu müssen wir zuerst die betroffene Fläche ermitteln. Das ist aber gar nicht so einfach. Denn es waren uns zwar Angaben zur Gesamtlänge der Straßen in Österreich zugänglich. Allerdings fehlten Angaben zur betroffenen Fläche. Der Straßenbau misst seine Leistung eben in Längenkilometer und nicht in Flächeneinheiten. Wir haben daher versucht anhand der Längenangaben aus [8-31] und mit Annahmen zur Straßenbreite laut [8-32] die ungefähre Fläche in Österreich zu ermitteln. Das Ergebnis ist in Tabelle/Bild 8-146 zusammengefasst. Hinsichtlich der Abschätzung der Straßenbreite haben wir stichprobenartig auch einige Luftbilder ausgewertet. Dabei zeigten die Luftbilder meist eine größere Straßenbreite als sie unserer Berechnung zugrunde lag. Wir würden daher vorerst davon ausgehen, dass die verwendete Fläche eher zu niedrig als zu hoch geschätzt wurde.



Straßenkategorie	Länge	Breite	Abschätzung Fläche
	km	m	m ²
Autobahnen	1.719	23	39.537.000
Schnellstraßen	466	23	10.718.000
Landesstraßen B	9.959	7,5	74.692.500
Landesstraßen L	23.680	6,5	153.920.000
Gemeindestraßen	78.766	5,5	433.213.000
Gesamt	114.590	65,5	712.080.500

Tabelle 8-146: Abschätzung der Fläche des österreichischen Straßennetzes anhand der Länge und der angenommenen Breite

Nun kann man die erhöhte Strahlungsleistung für Temperaturunterschiede errechnen. Wir hatten weiter oben für die Wirkung des Schattens auf einer Straße einen Unterschied von 143 Watt/m^2 ermittelt. Im Vergleich der besonnten Straße und der angrenzenden Wiese haben wir einen Unterschied von 130 Watt/m^2 festgestellt.

Den niedrigeren Wert von 130 Watt wenden wir jetzt auf die abgeschätzte Fläche des Straßennetzes in Österreich an. Die Multiplikation von Fläche und Leistungserhöhung ergibt dann den unvorstellbaren Wert von $92.570.465 \text{ Watt}$.

Das bedeutet, dass unsere Abschätzung eine um $92,6 \text{ GW}$ erhöhte Strahlungsleistung ergibt. Dies dann, wenn das österreichische Straßennetz im Sommer voll von der Sonnenstrahlung getroffen wird und wir die Berechnung vereinfacht wie an einem schwarzen Strahler durchführen.

Um diesen Wert von $92,6 \text{ Gigawatt}$ etwas verständlicher zu machen, wollen wir einen Vergleich anführen. Die Interessenvertretung der österreichischen E-Wirtschaft gibt die Engpassleistung aller österreichischen Großkraftwerke mit $20,95 \text{ GW}$ an [8-33]. Das entspricht jener maximalen Dauerleistung, die unser Kraftwerkpark unter Normalbedingungen abgeben kann. Das Potential Strahlungsleistung für eine Klimaveränderung durch das österreichische Straßennetz ist damit viermal so hoch wie die Gesamtleistung des österreichischen Kraftwerksparks!

417

Jetzt kann man natürlich manches Argument anführen, warum die abgeschätzte Leistung eigentlich geringer sein muss. Zum einen haben wir es nicht mit einem perfekten schwarzen Strahler zu tun. Zum anderen werden nie alle Straßen gleichzeitig von der Sonne voll aufgeheizt werden. Die Straßen werden teilweise im Schatten liegen. Manche Faktoren sprechen dafür, dass der tatsächliche Wert kleiner sein dürfte. Manche allerdings auch für einen größeren Wert.

So müsste man zur Berechnung des Unterschieds in der Strahlungsleistung den Emissionsfaktor berücksichtigen. Wir sind aufgrund der Temperaturwerte von Bild 8-136 auf einen Leistungsunterschied von 130 Watt/m^2 gekommen. Berücksichtigt man den für Asphalt üblichen Emissionsgrad von $0,93$ und für Grünflächen einen Wert von $0,75$ dann ändern sich die Strahlungsleistungen. Die Differenz in der Strahlungsleistung steigt allerdings an und wird statt 130 Watt dann 203 W/m^2 . Mit

anderen Worten die Wärmestrahlung der Straße ist an einem sonnigen Sommertag gegenüber einem Grünbereich noch deutlich stärker. Die Leistungserhöhung beträgt dann für das gesamte Straßennetz rund 144,6 GW, was etwa dem siebenfachen des österreichischen Kraftwerksparks entspricht.

Unsere Abschätzungen dienen allerdings nicht dazu, wissenschaftlich letztgültig und auf mehrere Kommastellen exakte Werte zu ermitteln. Sondern Potentiale abzuschätzen um Dimensionen und Zusammenhänge zu erkennen.

Dazu wollen wir noch einen zweiten Wert prüfen. Denn bisher haben wir uns auf die zusätzliche Strahlungsleistung aufgrund von erhöhter Oberflächentemperatur bei einem schwarzen Körper konzentriert. Dies, um die ermittelten Werte mit dem an vielen Stellen publizierten Klimamodell zu vergleichen. Die Wärmestrahlung ist ja jener Teil des Modells, der den Treibhauseffekt bestimmt. Damit scheint dieser Teil für eine vergleichende Einschätzung gegenüber der Wirkung von Treibhausgasen besonders relevant.

Wir wollen jetzt aber wieder den Blick von diesen himmlischen Bereichen wegnehmen. Wir betrachten stattdessen direkt den Erdboden. Die auf einer Straße erhöhte Temperatur rührt davon, dass die Straßenoberfläche wie ein Solarkollektor wirkt. Die dunkle Fläche absorbiert Wärme. Dadurch kommt es zu erhöhter Wärmestrahlung.

Das hatten wir auch bei Photovoltaikanlagen bzw. Solaranlagen festgestellt. Thermische und elektrische Solaranlagen erreichen höhere Oberflächentemperaturen. Etwa 80% der eingefangenen Solarstrahlung wird als Verlust an die Umwelt abgegeben. Diese Wärmeabgabe erfolgt, abgesehen von der Wärmestrahlung, primär an die Umgebungsluft.

Wenn wir die Straßenoberfläche als thermische Solaranlage auffassen, dann erfolgt die Wärmeabgabe abgesehen von der Wärmestrahlung primär in den Erdboden. Die stark erwärmte Straße leitet die Wärme in das umliegende Erdreich. Dieses stellt einen beachtlichen Wärmespeicher dar. Denn das Erdreich kann viel leichter Energie abnehmen und zwischenspeichern (bzw. weitertransportieren) als Luft. Ein Beispiel soll das verdeutlichen. In 4.220 Liter trockener Luft kann man gleich viel Energie

unterbringen wie in 1,2 Liter feuchter Erde [8-34]. Daraus folgt allerdings eine weitere wichtige Schlussfolgerung: die Wärmeabgabe der absorbierten Wärme an einer Asphaltstraße verläuft anders als die an einer Solaranlage.

Prinzipiell stehen immer drei Möglichkeiten des Wärmetransports zur Verfügung: durch Wärmeleitung, durch Konvektion und durch Wärmestrahlung. Für die absorbierende Asphaltstraße stehen alle drei Arten der Wärmeabgabe zur Verfügung. Die Wärme kann ins Erdreich geleitet werden, sie kann durch Luftzug (Wind) konvektiv abtransportiert werden und sie kann durch Wärmestrahlung an die Atmosphäre abgegeben werden.

Bei Solaranlagen besteht allerdings im Allgemeinen kein direkter Kontakt mit dem Erdreich. Der überwiegende Teil der Solaranlage ist nur von Luft umgeben. Die Wärmeabgabe ist damit begrenzt auf die Konvektion (Luftströmung, Wind) und die Wärmestrahlung.

Wenn nun kein wesentlicher Wind weht, wird die Temperatur in einer Solaranlage höher steigen als auf einer Straße. Denn die Wärmeabgabe an die Luft rund um eine thermische Solaranlage ist relativ gering. Die Wärmeleitung in das Erdreich rund um eine asphaltierte Straßenoberfläche hingegen ist besser als jene an Luft. Man kann daher relativ einfach die von einer Straße an das Erdreich abgegebene Wärme abschätzen. Es reicht eigentlich aus, den Absorptionsgrad zu kennen.

Wir sind davon ausgegangen, dass wir die Wirkung einer Straße mit einer unbelasteten Grünfläche vergleichen wollen. Will man den geänderten Energiefluss über ein Jahr betrachten, dann muss man eigentlich zwei Situationen berücksichtigen. Die Vegetationsperiode und die Zeit des Winters ohne Vegetation aber mit Schnee. Der Unterschied beim Absorptionsgrad zwischen Asphalt und grünen Blättern ist etwa 0,93 zu 0,75 und zwischen Asphalt und Schnee etwa 0,93 zu 0,25 [8-35].

Über das Jahr absorbiert dann die bestrahlte und nicht beschattete Solarfläche 93 % der solaren Einstrahlung. Dagegen würde das Blattgrün im Sommer nur 75% absorbieren, der Rest wäre Reflexion.

Die vom Blatt absorbierte Wärme wird über Verdunstung und Photosynthese abgearbeitet. Sie ist damit entweder sofort im bodennahen Kühlkreislauf (Verdunstung, Wolke) wirksam oder wird als Sonnenenergie in Biomasse gespeichert. Ein Teil dieser Energie wird dann zwischen Herbst und Frühjahr durch die Verrottung Wärme erzeugen.

Hier erfolgen also durch die biologische Nutzung der Sonnenenergie eine geringere thermische Belastung im Sommer und eine Verschiebung von Sonnenenergie in den Winter. Im Winter ist die Grünfläche zumindest zeitweise mit Schnee bedeckt. Dann ist der Absorptionsgrad weit niedriger. Somit wird im Winter weniger Wärme das Klimasystem erreichen. Die Reflexion ist höher womit die Erwärmung der Treibhausgase wesentlich geringer wird. Gegen das große Abkühlen im Erdreich schützen allerdings das abgefallene Laub sowie die Dämmfunktion der Schneedecke.

Bei der Asphaltstraße hingegen wird im Sommer und im Winter ein wesentlich höherer Anteil der Solarstrahlung in Wärme umgewandelt. Im Sommer wird dadurch einerseits der Bodenbereich erwärmt. Neben einer Asphaltstraße im Grünland ist dann oft eine Veränderung der Vegetation im Grenzbereich zwischen Wiese und Straße erkennbar. Landwirte haben den Autor darauf aufmerksam gemacht, wie die Wiese im Randbereich im Hochsommer verdorrt und abstirbt. Damit wird durch die erhöhte Wärme auch die Vegetation in näherer Umgebung der Straße und damit der Nahrungskreislauf negativ beeinflusst.

Wir können somit bei der „Solaranlage Straße“ die Wirkung der absorbierten Wärme im Randbereich beobachten. Auch die Erwärmung der Straßenoberfläche ist an besonders heißen Tagen in Form des Flimmerns der Luft wahrnehmbar. Manchmal erwärmt sich Asphalt so stark, dass die Festigkeit sinkt. Mit der Wärmebildkamera sind die höhere Temperatur und die damit verbundene Wärmestrahlung immer festzustellen.



Bild 8-147 der Übergang zwischen Straßenkörper und angrenzender Wiese lässt die leidende Vegetation erkennen. Mehrere Faktoren sind dafür verantwortlich. Bei weniger befahrenen Straßen überwiegt im Sommer aber der Temperatureinfluss.

Im Gegensatz zur Grünfläche bleibt die Asphaltstraße im Winter als „Solaranlage“ aktiv. Im Winter wird die Straße durch den Straßendienst von Eis und Schnee freigehalten. Die Straße kann daher auch dann Solarstrahlung weit stärker absorbieren. Der Absorptionsgrad für Asphalt ist das 3,72-fache gegenüber einer Schneedecke. Es kommt somit auch im Winter zu einer weiter erhöhten Umsetzung der Einstrahlung in Wärme. Man kann diese unterschiedlichen Situationen natürlich auch genauer durchrechnen. So ermittelt man die unterschiedlichen Energieflüsse aus der Sonnenstrahlung. Wir wollen zwei ganz einfache Modelle wählen. Wir vergleichen einerseits die ganzjährige Absorption von Blattgrün mit der Absorption von Asphalt. Andererseits nehmen wir ein zweites Modell. Hier sei in den Monaten Dezember bis Februar die Absorption einer Schneedecke gegeben, im Rest des Jahres hingegen jene von Blättern. Auch diesen Jahresertrag vergleichen wir mit einer Asphaltdecke.

Wir haben für den Standort des Autors die monatliche Solareinstrahlung auf einen Quadratmeter genommen und diese dann entsprechend bewertet. Der direkte

Vergleich von Asphalt gegen Blatt ergibt einen um 24% höheren Energieertrag. Das bedeutet die Wärmebelastung einer Asphaltfläche ist näherungsweise um 24% höher als die einer Grünfläche. Wenn wir nun noch drei Monate Schnee berücksichtigen, dann ergibt sich für die Asphaltfläche eine um 31,8% höhere Wärmebelastung. Alleine die Änderung des Absorptionsverhaltens zeigt schon, dass asphaltierte Straßen den Wärmeeintrag in das Klimasystem um etwa 24 bis 31,8 Prozent erhöhen.

Diese Berechnung der klimatischen Einflüsse von Straßen erfolgte nun auf andere Art und Weise wie weiter oben die Abschätzung der Wärmestrahlung aufgrund von Messwerten an Oberflächen. Beide Berechnungen führen aber zu vergleichbaren Ergebnissen. Die klimatische Mehrbelastung kann jeweils um etwa 30% eingeschätzt werden.

Aber kann das wirklich einen merklichen Effekt auf das Gesamtklima haben? Schließlich haben wir ja meist Grünland in Österreich. Etwa die Hälfte der Fläche ist alleine Wald. Die paar Straßen, die hier durch die Wiese führen, können doch kein Klimaproblem darstellen? Das ist eine weitverbreitete und nie hinterfragte Meinung. Wir müssen daher noch klären, wie groß die thermische Belastung durch die „Solaranlage Straße“ wirklich sein kann.

Dazu vorerst ein einfacher Vergleich, den jeder nachprüfen kann: die Straßenoberfläche für Österreich haben wir mit 712.080.500 m² abgeschätzt. Bei einem Absorptionsgrad von 0,93 und einer Solarstrahlung von 1.200 kWh/m² setzt die „Solaranlage Straße“ von dieser Strahlung 794.681.838.000 kWh in Wärme um. Der gesamte österreichische Energieverbrauch hingegen beträgt ca. 393.888.888.000 kWh. Davon werden „nur“ 32,5% des Bruttoendenergieverbrauchs aus „erneuerbarer Energie“ erzeugt [8-36]. Somit ist die auf der „Solaranlage Straße“ absorbierte Energie etwa das 3-fache des gesamten Energieverbrauchs aus fossilen Brennstoffen. Es handelt sich also um eine riesige Menge Energie, die wir alleine über den Straßenbau in das Klimasystem einbringen. Die „Solaranlage Straßenbau“ erbringt somit einen thermischen Einfluss der in der Größenordnung aller verbrannten fossilen Energieträgern entspricht. Das ergibt für uns von „Der Energiedetektiv“ eine Größenordnung die durchaus beunruhigend ist. Es zahlt sich daher aus, noch ein wenig weiter darüber nachzudenken.

8.14 Klimawandel durch die Solaranlage Straßenbau ?

Straßen gibt es zwar schon viel länger als unsere derzeitige moderne Zivilisation. Das heute vorhandene großflächige Straßennetz ist jedoch eine Folge der Neuzeit und der geänderten Mobilität. Es macht in Zusammenhang mit den Fragen des Klimawandels durchaus Sinn sich einmal die Entwicklung des Straßenbaus vor Augen zu halten. Wir haben bei unserer Recherche dazu folgende Informationen gefunden:

Die Römer hatten bereits ein ausgedehntes Straßennetz. Im Mittelalter verfiel dieses jedoch großteils. Im 18. Jahrhundert begann sich dies zu ändern. Ingenieure erarbeiteten immer aktuellere und bessere Methoden, um eine Straße einerseits stabiler und andererseits wirtschaftlicher zu machen [8-41]. Schotterstraßen standen damals im Vordergrund.

Das Automobil hat dann die Bauweise von Straßen nachhaltig verändert. Denn auf Schotterstraßen erzeugten die Autos einen Unterdruck, der die oberste Schotterschicht aufwirbelte. Die Folge war eine schnelle Erosion und eine starke Staubentwicklung. Als Lösung dieses Problems begann man, die Schotterschicht mit Teer zu vermischen. Teer wurde vor allem als Nebenprodukt bei der Verkokung von Steinkohle gewonnen.

423

Der Teereinsatz sorgte für eine "Entstaubung" der Straßen und etablierte zugleich einen neuen Typus von Fahrbahndecken. Die Teerstraße ist der Vorläufer der heutigen Asphaltstraßen. Letztere werden aber schon lange nicht mehr mit Teer gebunden. Stattdessen wird Asphalt heute durchweg mit Bitumen gebunden. Diese zähflüssige schwarze Masse wird aus Erdöl gewonnen. Heute ist Asphalt mit Abstand das am häufigsten eingesetzte Material für Fahrbahndecken [8-42].

Die Entwicklung des Straßenbaus und insbesondere die Entstehung von geteerten oder asphaltierten Straßen verlaufen damit parallel zur industriellen Entwicklung. Insbesondere korrelieren sie mit der Entwicklung des Autoverkehrs und damit auch mit der Verwendung fossiler Treibstoffe.

Generell wird ja die industrielle Entwicklung bekanntlich aufgrund der Verwendung von fossilen Brennstoffen für die Zunahme der CO₂-Emissionen verantwortlich gemacht. Diese erhöhten CO₂ Emissionen würden wiederum zur Temperaturzunahme auf Erden führen, ist die Ansicht im Klimaschutz.

Wir vermuten allerdings, dass der Straßenbau aufgrund der geänderten Absorption und damit einher gehenden Wärmestrahlung auch seinen Beitrag dazu leistet. Diesen können wir eigentlich relativ einfach abschätzen. Denn für das österreichische Straßennetz haben wir zumindest vernünftige Abschätzungen zur Fläche und dem damit verbundenen Energieeintrag.

Wir hatten im letzten Kapitel festgestellt, dass die „Solaranlage Straße“ näherungsweise 794.681.838.000 kWh absorbiert und in Wärme umsetzt. Wir wollten das nochmals genauer betrachten. Denn wir wollten den Einfluss von Jahreszeit und Vegetation bzw. Schneefall noch berücksichtigen.

Wir verwendeten dazu monatliche Klimadaten für den Standort „Graz-Universität“. Wir haben dann Monatswerte für mehrere Modelle ermittelt. Die Modelle sind durch unterschiedliche Absorptionsfaktoren gekennzeichnet. Sie repräsentieren verschiedene Vegetations- bzw. Absorptionsflächen.

Zusätzlich haben wir ein weiteres gemischtes Modell verwendet. Dieses basiert auf einer Grasfläche, die in den Monaten Dezember, Jänner und Februar zu 50% mit Schnee bedeckt wäre. Für alle Monate wurde nun anhand der Solarstrahlung und der Absorptionsfaktoren die absorbierte Energie ermittelt.

In der Tabelle/Bild 8-148 sind nun diese Unterschiede in den Absorptionsmodellen dargestellt. Dabei ist angegeben, um wieviel mehr Energie vor der Asphaltfläche gegenüber dem jeweiligen Vergleichsmodell aufgenommen wird.



Bewertung in	Änderung des Solarertrags durch geänderte Absorption			
	Asphalt zu Blätter	Asphalt zu Schnee	Asphalt zu Grasfläche	Asphalt zu Gras + Schnee
kWh/m ²	201,96	762,96	145,86	175,78
Prozent	24,0	272,0	16,3	20,3

Bild/Tabelle 8-148: Durch die geänderten Absorptionswerte am Boden ändert sich der Solarertrag für das Klimasystem

So absorbiert die Asphaltfläche um 145,86 kWh bzw. 16,3% mehr Energie als eine Grasfläche. Aus den Unterschieden des Energieeintrags könnte man nun auch schon eine erste Näherung der Temperaturänderung erstellen.

8.15 Wenn Millionstel eine Rolle spielen

Nun würde man vermuten, dass die Änderungen im Straßenbau insgesamt vielleicht unwesentlich sind. Hier möchten wir aber nochmals eindrücklich darauf hinweisen, dass es in Fragen des Klimawandels um sehr geringe Unterschiede geht!

In Kapitel 7 hatten wir darauf aufmerksam gemacht, dass eine „Einregulierung“ der globalen Temperatur auf eine Änderung um maximal 2 Grad eine Änderung im System von nur 0,694 % bedeutet.

In Hinblick auf die Änderungen im Bereich der CO₂-Emissionen rechnet man statt Prozent eher mit der Einheit „ppm“. Dies entspricht dem englischen Ausdruck „parts per million“. Damit kann man kleinste Änderungen gut darstellen. Im Prinzip handelt es sich also um Maßzahl für Verhältnisrechnungen genauso wie die bekanntere Angabe in Prozent. Allerdings entspricht die Angabe in ppm der Sicht durch eine sehr stark vergrößernde Lupe. Der Vergrößerungsfaktor dieser Lupe gegenüber einer Prozentrechnung ist das Zehntausendfache. Ein Prozent sind dann 10.000 ppm.

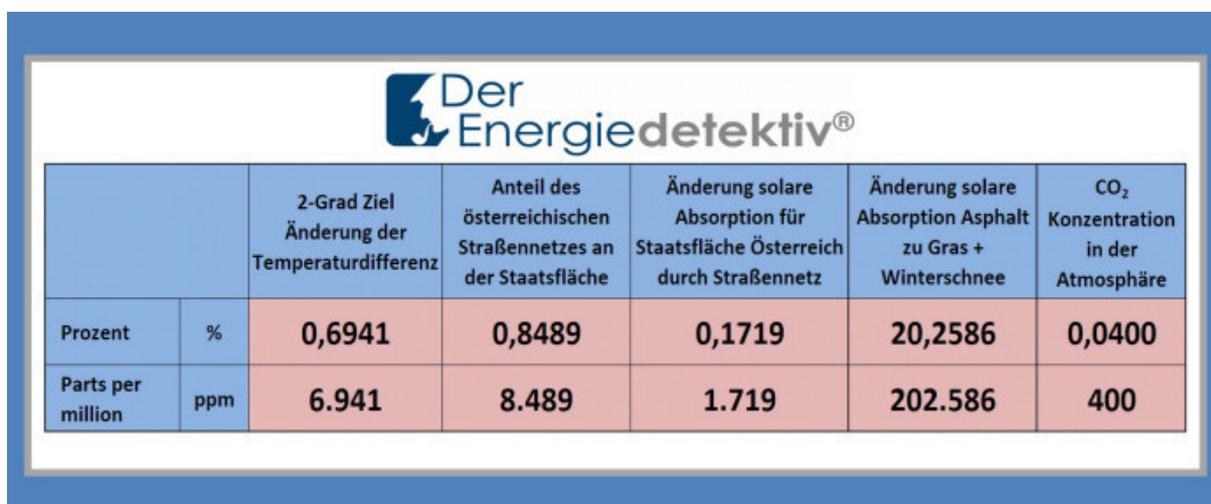
426

Wenn wir jetzt das 2-Grad Ziel in dieser Maßeinheit angeben, dann entspricht das 6.940 ppm. Als Vergleich dazu: die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre bewegt sich um 400 ppm.

Für die Bewertung der thermischen Wirkung aus der Straßenfläche wollen wir diese ebenfalls als Bezugsgröße angeben. Hier ist es erforderlich die Straßenfläche auf die gesamte absorbierende Staatsfläche zu beziehen. Es ist nun sinnvoll, diesen prozentuellen Wert der Straßenfläche ebenfalls in ppm anzugeben. Das für uns erstaunliche ist die Größenordnung des heimischen Straßennetzes in Relation zur Staatsfläche. Denn diese beträgt 8.489 ppm.

Rechnet man nun eine solare Energiebilanz für zwei unterschiedliche Absorptionsmodelle, dann kann man auch hier die Änderung in PPM angeben. Dabei beziehen wir die Änderung auf eine Ausgangssituation mit Grasvegetation und halbe Schneebedeckung zwischen Dezember und Februar. Wenn man nur die Asphaltfläche betrachtet, dann steigt die Absorption um rund 20% an. Legt man den

so erzielten Wärmegewinn auf die gesamte Staatsfläche um, dann steigt der österreichische Solarertrag um 1.719 ppm. Mit anderen Worten durch den Straßenbau haben wir das solare Heizsystem für Österreich deutlich aufgedreht. Wir bekommen nun hier dank des Straßenbaus mehr Energie für unser Klima geliefert.



		2-Grad Ziel Änderung der Temperaturdifferenz	Anteil des österreichischen Straßennetzes an der Staatsfläche	Änderung solare Absorption für Staatsfläche Österreich durch Straßennetz	Änderung solare Absorption Asphalt zu Gras + Winterschnee	CO ₂ Konzentration in der Atmosphäre
Prozent	%	0,6941	0,8489	0,1719	20,2586	0,0400
Parts per million	ppm	6.941	8.489	1.719	202.586	400

Tabelle 8-149: hier sind zur leichteren Verständlichkeit die erwähnten Vergleichsgrößen nochmals in Prozent und „Parts per Million“ zusammengefasst.

Diese Steigerung könnte man jetzt wieder auf eine Temperaturänderung umrechnen. Denn wenn man die Wärmelieferung um 1.719 ppm ändert würde sich in einem abgeschlossenen System die Temperatur ebenfalls entsprechend ändern.

Die Temperaturdifferenz ist allerdings gegenüber der unbeheizten Außenwelt anzusetzen. Also gegenüber dem leeren Weltraum. Darauf hatten wir ja in Kapitel 7 schon hingewiesen. Somit ergibt sich eine Temperaturänderung von ca. 0,5 Grad. Dies alleine durch Änderung der Absorptionsflächen im Land und die damit erhöhte Wärmeaufnahme.

Allerdings ist das nur eine sehr grobe Abschätzung. Denn zu berücksichtigen wäre jetzt auch wie sich die unterschiedlichen Flächen auf den Treibhauseffekt auswirken könnten. Denn über die jeweilige Straßenbreite ergeben sich deutlich höhere Temperaturanstiege als hinsichtlich der weiteren Umgebung. Die Straße selbst aber führt nun bei steigender Temperatur zu einer wesentlich stärker steigenden Wärmestrahlung. Diese wiederum bestimmt den Treibhauseffekt bzw. die Rückstrahlung an den Treibhausgasen.

Dass der Temperaturanstieg primär zur Erhöhung der Oberflächentemperatur der Straße führt zeigt Bild 8-150. Diese Aufnahme entstand Anfang Dezember bei einer Außentemperatur um 0°C. Diese Infrarot-Aufnahme wurde nachts gemacht und zeigt die gleiche Straße wie in Bild 8-142.

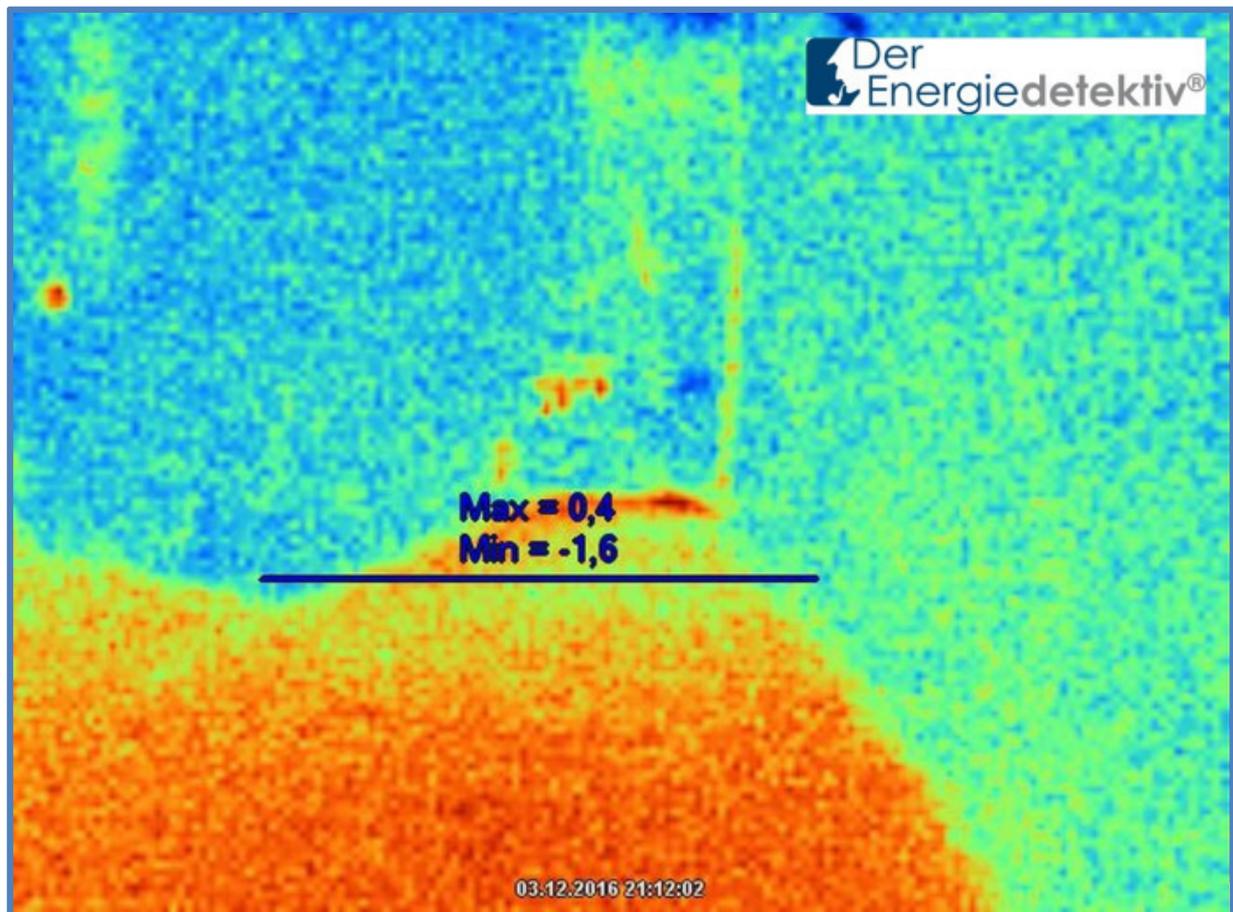


Bild 8-150: Temperaturverhältnisse auf einer Asphaltstraße während einer kalten Nacht im Dezember – die Straße ist merklich wärmer als der angrenzende Vegetationsbereich

Auch in der kalten Jahreszeit ist nun eine Temperaturdifferenz zwischen der Straße und der Vegetation im Randbereich erkennbar. Der Temperaturunterschied liegt bei etwa 2 Grad. Dies belegt, dass auch im Winter und in der Nacht die Temperaturdifferenz zwischen unbelastetem Vegetationsbereich und der stärker absorbierenden Straße deutlich vorhanden ist.

Diese Temperaturverhältnisse bestimmen nun die Strahlungsleistung. Da diese mit der vierten Potenz der Temperatur zunimmt, nimmt die Wirkung auf die Treibhausgase ebenfalls in diesem hochpotenzierten Ausmaß zu. Hier hatten wir in

einer Nacht im Dezember eine Lufttemperatur von Null Grad Celsius. Ein Temperaturunterschied von 2 Grad ergibt, bezogen auf absolute Temperaturen, einen Unterschied von 0,732 Prozent oder 7.320 ppm.

Berechnet man mit diesen Temperaturwerten die Schwarzkörperstrahlung, dann hat diese auf der Straße einen um 2,96% höheren Leistungswert. Dieses Verhältnis entspricht damit 29.600 ppm.

Diese Verhältniszahlen machen deutlich, dass die Änderungen an den Absorptionsflächen ein Vielfaches dessen ausmachen, als wir es im Zusammenhang mit dem Klimawandel üblicherweise erwarten oder von anderen Quellen kommuniziert bekommen.

Daher müssen wir davon ausgehen, dass die Wirkung von absorbierenden Flächen auf das Klima und die Treibhausgase höher ist, als wir bisher angenommen hatten. Wir sind heute davon überzeugt, dass deren Wirkung wesentlich bedeutender ist als die Zunahme der Treibhausgase selbst.

8.16 Klimarelevante Faktoren – Straßenbau oder CO₂ ?

Der Klimaschutz kommuniziert vor allem den Bedarf die Emission von Treibhausgasen zu senken. Besonderes Augenmerk gilt hier den CO₂-Emissionen. Bild 8-151 zeigt die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zwischen 1958 und 2015 nach [8-43]. Die Angabe erfolgt in ppm. Dieses Diagramm ist in der Diskussion zum Klimawandel eine oft gezeigte Kurve.

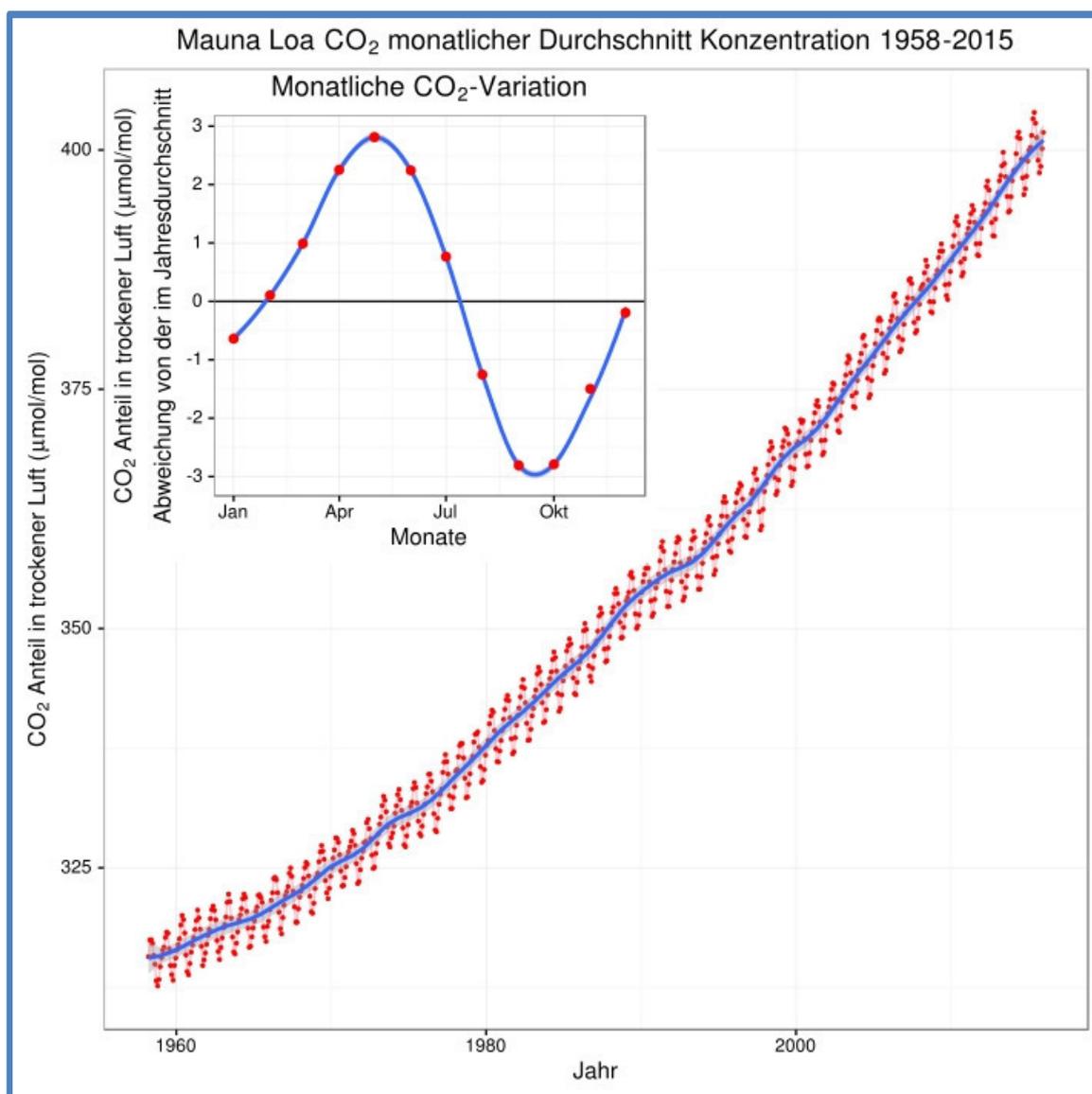


Bild 8-151: Zunahme der CO₂ Konzentration in der Atmosphäre nach [8-43]

Man beachte dabei die etwas seltsame Skalierung. Ein solches Diagramm müsste eigentlich an einer technischen Universität oder unter technischen Fachleuten sofortig bemängelt werden. Der Autor hat seinerzeit beim Studium an der

Technischen Universität für einen solchen Fehler in einer Laborarbeit eine deutliche Rüge erhalten. Bereits im ersten Jahr wurden wir auf unserer Universität darauf hingewiesen, dass eine solche Darstellung zu Fehlinterpretationen verführt.

Dass Problem ist, dass die Skala mit einem sogenannten unterdrückten Nullpunkt beginnt. Das bedeutet es handelt sich um einen willkürlich vergrößerten Ausschnitt. Der Nullpunkt ist nicht angezeigt. Denn der Achsenschnittpunkt links unten beginnt bei einem Wert der hier nicht einmal angegeben ist.

Der nicht angegebene unterste Skalenwert liegt allerdings bei einem Wert von ca. 308 ppm. Auf ungefähr diesen Wert kommt man, wenn man die vertikale Skala zurückrechnet. Es fehlt allerdings der Wert selbst und auch jeder Hinweis, auf die Tatsache des unterdrückten (versteckten) Nullpunktes.

In der wissenschaftlichen Ausbildung an einer technischen Universität würde man dafür die Note „Nichtgenügend“ bekommen. In einer Marketing oder Public Relations Ausbildung würde man dafür allerdings die Note „Sehr gut“ bekommen!

Wir halten daher für Bild 8-151 fest: der Schnittpunkt zwischen der x-Achse und der y-Achse wurde recht willkürlich dargestellt. Das kann schnell zu falschen Vorstellungen führen. Laien oder nicht aufmerksame Fachleute erfassen ein solches Diagramm dann meist falsch. Man meint dass der Kurvenverlauf beim Nullpunkt beginnt. Dann erscheint der starke Anstieg als extrem beunruhigend. Eine Fehlinterpretation, da der Bezugspunkt zur Nulllinie fehlt.

Der CO₂-Wert vor 100 Jahren lag bei ca. 280 ppm. Allerdings gibt es auch andere Aufzeichnungen hierzu. So nennt das angesehene Standardwerk Ingenieurs Taschenbuch einen Volumensanteil von CO₂ von 410 ppm im Jahr 1902 [8-48]. Dieses Werk wurde erstmals 1857 vom akademischen Verein Hütte herausgegeben. Aus dieser Institution entstand später der Verein Deutscher Ingenieure VDI. Dieses Standardwerk wird laufend aktualisiert und heute noch vom Springer Verlag publiziert. Dieser Vergleich soll jetzt gar nicht die aktuellen Messwerte hinterfragen, sondern vielmehr aufzeigen wie sehr sich auch die besten Ingenieure irren können. Wir können davon ausgehen, dass dies auch heute und für jedermann zutreffen

kann. Im Besitz der Wahrheit zu sein wäre göttlicher Natur. Wissenschaftliches Handeln hingegen erfordert ein ständiges Hinterfragen des aktuellen Wissensstands.

In dieser Hinsicht wollen wir unsere Auswertung fortführen. Wir wollen unseren Vergleich zwar anhand der aktuell publizierten Daten durchführen, aber etwas objektiver gestalten. Dazu haben wir den Verlauf aus Bild 8-151 auch mit früheren Daten ergänzt, die u.a. auch vom Umweltbundesamt in Deutschland publiziert wurden und auf Daten des Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC beruhen [8-46].

Spannend ist es nun die Entwicklung bei der CO₂ Konzentration in der Atmosphäre mit der Entwicklung der Straßenfläche zu vergleichen. Zuerst haben wir dies nur für die Fläche der österreichischen Bundesstraßen durchgeführt. Dieses Diagramm zeigt Bild 8-152.

Die vertikale y-Achse beginnt bei einem Wert von Null. Also ohne unterdrückten Nullpunkt. Der Achsenschnittpunkt rechts unten entspricht der Jahreszahl 1940. Sowohl die CO₂-Werte als auch die Werte der Bundesstraßen sind als Relativzahlen in ppm angegeben.

Bei CO₂ bedeutet diese Verhältniszahl die Anzahl der Teilchen bezogen auf die Gesamtteilchen in der Atmosphäre. Bei den Bundesstraßen ist dies die gesamte Straßenfläche bezogen auf die gesamte Staatsfläche Österreichs.

Aus dieser Auswertung erkennt man wie stark diese Straßenfläche ab 1940 zugenommen hat. In diesem Zeitraum stieg sie rasch von Null auf 600 ppm. Das gefährliche Treibhausgas CO₂ hingegen ist in diesem Zeitraum nur von ca. 300 auf ca. 390 ppm gestiegen.

Bei dieser Auswertung haben wir bisher nur die Bundesstraßen berücksichtigen können. Dabei handelt es sich um Autobahnen und Schnellstraßen. Nur für diese Straßentypen hatten wir genauere Daten über die historische Entwicklung zur Verfügung.

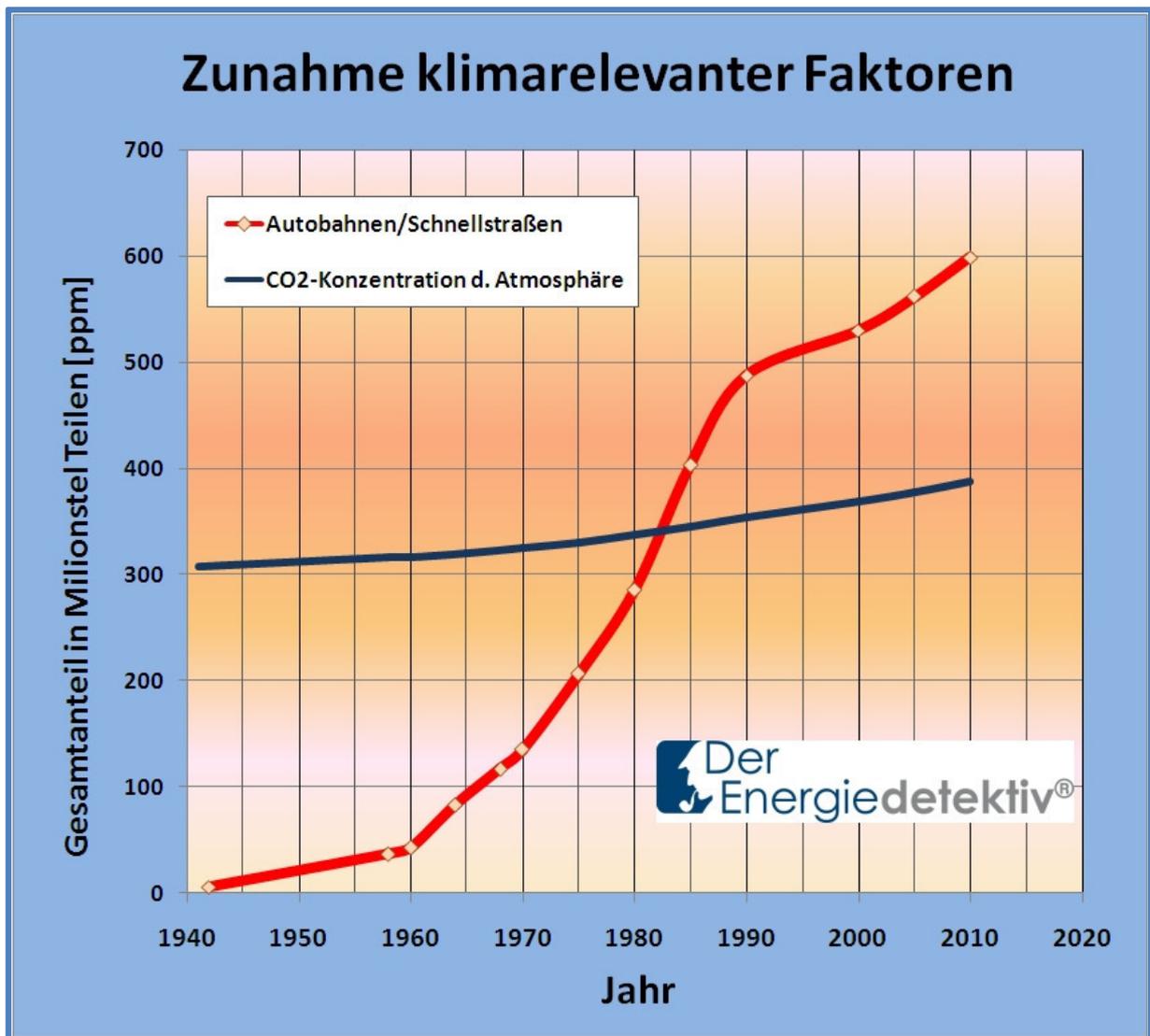


Bild 8-152: Die rote Linie zeigt wie sich die Fläche von Bundesstraßen zwischen 1940 und 2010 bezogen auf die gesamte Staatsfläche entwickelt hat. Dagegen sieht der Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre harmlos aus

Das Streckennetz der österreichischen Bundesstraßen hat nur eine Gesamtlänge von 2.185 km. Die Länge des gesamten österreichischen Straßennetzes beträgt hingegen 114.590 km [8-31]. Es ist damit von der Streckenlänge um das fünfzigfache länger.

Daher ist es wichtig, nicht nur die Bundesstraßen zu betrachten, sondern sich die gesamte Entwicklung vor Augen zu halten. Wir haben versucht, zumindest eine Abschätzung zu erstellen. Dazu wurde näherungsweise die historische Entwicklung der Bundesstraßen auf das gesamte österreichische Straßennetz umgelegt. Allerdings haben wir dabei den Startpunkt auf das Jahr 1900 gelegt. Denn Landes-

und Gemeindestraßen gab es sicher schon vor 1940 in größerer Zahl. Ungefähr um 1900 dürfte in Österreich der Ausbau des Straßennetzes mit Teer bzw. Asphalt begonnen haben [vergl. 8-41 und 8-42]. Die Errichtung von Schnellstraßen und breiten Autobahnen hingegen hat hingegen erst nach dem zweiten Weltkrieg begonnen.

Wenn wir also näherungsweise eine ähnliche Entwicklung für das gesamte Straßensystem ab 1900 annehmen, ergibt sich die Darstellung in Bild 8-153. Auch hier verwenden wir wieder die Einheit ppm. In diesem Bild haben wir auch wieder die Zunahme des Treibhausgases CO₂ eingezeichnet.

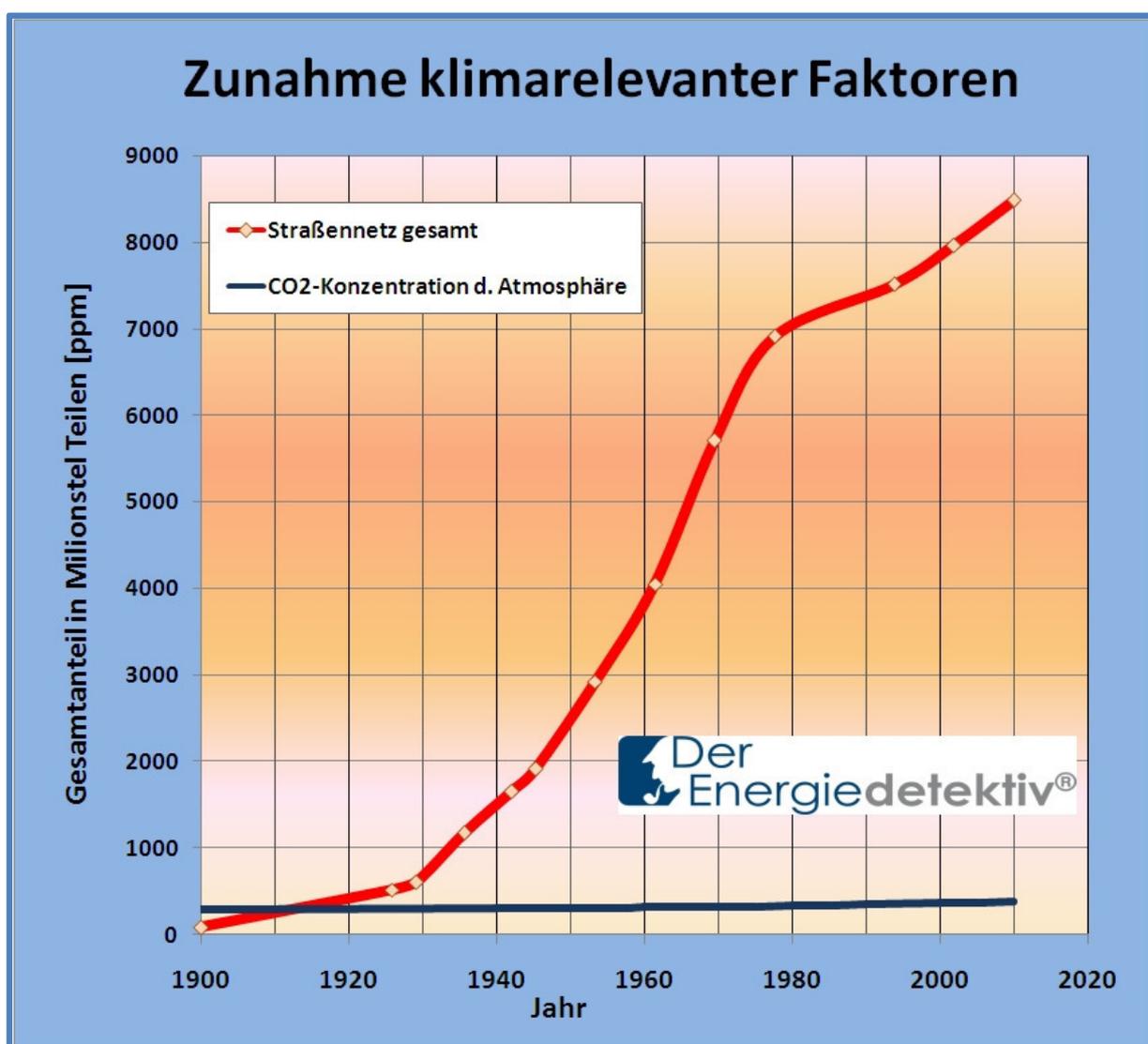


Bild 8-153: in diesem Bild ist näherungsweise die Entwicklung des gesamten Straßennetzes in Österreich berücksichtigt. Dieses steigt auf über 8000 ppm an, während die CO₂-Konzentration der Atmosphäre zwischen 290 und 390 ppm bleibt

Nun werden die Verhältnisse noch deutlicher sichtbar. Zumindest für österreichische Verhältnisse schaut die Zunahme absorbierender Straßenflächen wesentlich dramatischer aus, als die weltweite Zunahme der CO₂ Konzentration. Betrachtet man die unterschiedlichen Dimensionen in der Entwicklung, wird klar, dass die dunklen Oberflächen der öffentlichen Straßen durchaus eine gewichtigere Rolle spielen könnten als die CO₂-Emissionen. Zumindest in entwickelten Ländern ist durch den Straßenbau die Wärmeabsorption deutlich stärker erhöht worden, als die Zunahme der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre.

Für Österreich müssen wir feststellen, dass die absorbierende Straßenfläche seit Beginn der modernen Mobilität näherungsweise um mehr als 8.000 ppm zugelegt hat. Dieser Straßenbau war verbunden mit einerseits neuen, dunkel gehaltenen Oberflächen (Teer, Asphalt, Beton). Das muss zu einer vermehrten Absorption führen, auch wenn vorher bereits teilweise Schotterstraßen vorhanden gewesen sind.

In diesem Zeitraum wurden auch zahlreiche Bäume entlang der Straßen eliminiert. Damit entfällt der Schattenwurf auf diese Straßenflächen. Das Sonnenlicht trifft nun direkt auf die Asphaltflächen. Natürlich muss sich dadurch ein erhöhter Wärmegewinn im Bodenbereich ergeben.

435

Die Straßenflächen haben Grünflächen verdrängt, bei denen durch Aufbau von Biomasse über Photosynthese verbunden mit Verdunstung eine kühlende Funktion gegeben war. Diese Kühlfunktion fehlt für die betreffenden Flächen nun dank der Asphaltierung völlig. Unberücksichtigt bleibt dabei übrigens auch der geänderte Wasserabfluss mit allenfalls dabei ebenfalls vorhandenen klimarelevanten Faktoren.

Hinzu kommt, dass wir nur jene Straßenflächen erfassen konnten, die im öffentlichen Eigentum stehen. All die in privatem Eigentum stehenden Straßen und Verkehrsflächen sind in dieser Auswertung nicht enthalten. Die großen privaten Parkflächen für Einkaufszentren etc. wären allerdings ebenfalls als klimarelevante Faktoren zu berücksichtigen. Die Bilder 8-142 bzw. 8-143 sollten deutlich gemacht haben, dass diese Fläche in der Energiebilanz keinesfalls zu vernachlässigen sind.

Der Straßenbau hat also einen deutlichen Einfluss auf die solare Energiebilanz in einem entwickelten Land wie Österreich. Er ist Ausdruck des Wohlstands und der

Mobilität breiter Massen der Bevölkerung. In der Klimadebatte wird dieser Faktor aber kaum erwähnt. Im Vergleich zur CO₂ Debatte und Fragen des Klimaschutzes geht diese Frage völlig unter. Denn die Argumentation geht primär dahin, dass die Zunahme der CO₂-Emissionen durch den Treibhauseffekt die Temperaturerhöhung bewirkt.

Objektive Tatsache ist jedoch, dass die klimarelevante Zunahme von beinahe Null auf 8.000 ppm beim asphaltierten Straßenbau einer Zunahme der CO₂-Konzentration von nur ca. 280 auf ca. 390 ppm gegenübersteht.

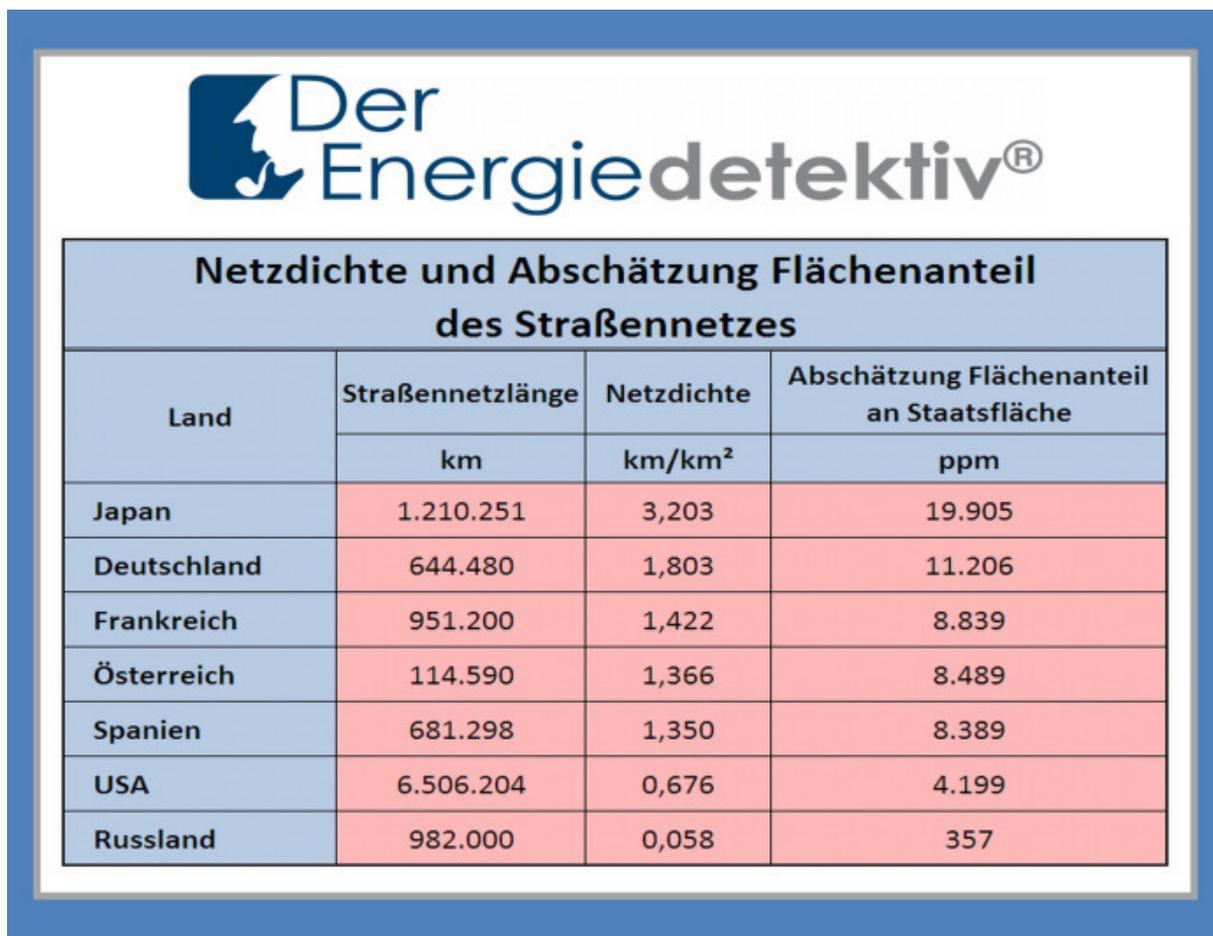
Die Zunahme der Absorptionsrate für Solarenergie wirkt direkt temperaturerhöhend ähnlich dem „Aufdrehen der Heizanlage“. Der Effekt der CO₂-Konzentration hingegen wirkt nur indirekt im Rahmen der sogenannten „Rückstrahlung“, die dies in den Klimamodellen repräsentiert wird (vergl. Bild 8-119).

Wir wollen gar nicht mutmaßen, ob nun die fehlende Beachtung dieses Faktors auf Vergessenheit oder Absicht beruht. Tatsache ist, dass die für den Klimaschutz ebenso relevante Energiebilanz der Solarabsorption offensichtlich wesentlich bedeutsamer ausfällt als die Steigerung der CO₂ Emissionen. Dies ist insofern von großer Bedeutung, als mit der Argumentation des Temperaturanstiegs und Klimawandels die Elektromobilität erzwungen werden soll. Für Österreich muss allerdings festgestellt werden, dass die CO₂ Emissionen bei den klimarelevanten Faktoren nur eine Nebenrolle spielen dürften. Wesentlich wichtiger ist die Änderung der solaren Energiebilanz unserer Staatsfläche aufgrund des Straßenbaus. Dies erhöht direkt den Wärmeeintrag und führt damit, vorerst völlig unabhängig von den CO₂-Emissionen, zu einer Temperaturerhöhung.

Bei Umstellung auf Elektromobilität würde sich daran gar nichts ändern, sofern diese Elektroautos weiterhin auf einem gleichartigen Straßennetz unterwegs sind. Die temperaturerhöhende Absorption der Asphaltstraßen bleibt erhalten. Die CO₂ – Emissionen direkt aus dem Verkehr würden zwar sinken. Aber die für die Stromproduktion dann nötigen zusätzlichen Photovoltaikanlagen würden eine zusätzliche Belastung ergeben. Diese wäre durchaus vergleichbar mit der bisherigen Entwicklung des Straßenbaus. Eine nähere Untersuchung dieser Frage erfolgt weiter unten.

Für die Republik Österreich müssen wir daher festhalten, dass der Straßenbau seit Erfindung des Automobils und Beginn der allgemeinen Mobilität wohl einen wesentlich höheren Beitrag zur Klimaerwärmung leistet als dies von den CO₂-Emissionen abzuleiten ist. Die Straße wirkt dabei wie eine Solaranlage, wobei ein größerer Teil der absorbierten Energie auch im Erdreich gespeichert werden kann. Man kann sozusagen von der „vergessenen Solaranlage Asphaltstraße“ sprechen, die einen Langzeitspeicher namens Erdreich inkludiert.

Man könnte nun meinen, dass Österreich hier vielleicht aufgrund besonders hoher Straßendichte ein Ausnahmefall sein könnte. Aber die Mobilität hat sich in vielen Ländern ähnlich entwickelt. In der Tabelle/Bild 8-154 ist die Netzdichte nach [8-47] für einige weitere Länder angegeben.



Netzdichte und Abschätzung Flächenanteil des Straßennetzes			
Land	Straßennetzlänge	Netzdichte	Abschätzung Flächenanteil an Staatsfläche
	km	km/km ²	ppm
Japan	1.210.251	3,203	19.905
Deutschland	644.480	1,803	11.206
Frankreich	951.200	1,422	8.839
Österreich	114.590	1,366	8.489
Spanien	681.298	1,350	8.389
USA	6.506.204	0,676	4.199
Russland	982.000	0,058	357

Bild/Tabelle 8-154: Straßennetz und Netzdichte lt. [8-47] und Abschätzung des Flächenanteils an der Gesamtfläche analog zu Österreich. Allerdings ist zu vermuten, dass sich Straßenbreite, Spuranzahl etc. etwas anders verhalten

Deutschland weist mit einer Netzdichte von 1,80 km/km² einen recht hohen Wert auf. Nimmt man auch hier näherungsweise die Österreichische Abschätzung, dann erhält man eine Fläche von ca. 4.004.901.000 m² Straßenfläche. Damit hätte das deutsche Straßennetz einen Anteil von ca. 11.200 ppm an der Staatsfläche. Dies wäre noch deutlich mehr als wir für Österreich ermittelt haben. Das ist wohl ebenso vor allem in den letzten Jahrzehnten entstanden. Für unser Nachbarland ist damit ein entsprechender Gewinn in der Klimabilanz an Solarabsorption gegeben. Das ist natürlich auch in Deutschland als klimarelevanter Faktor zu sehen, der bei einer Umstellung auf Elektromobilität keineswegs verschwindet.

In Summe weisen scheinbar alle entwickelten Länder einen recht hohen Anteil an Straßenflächen auf. All diese Straßenflächen führen zu einer Klimaerwärmung alleine durch die Erhöhung der solaren Absorptionsrate. Man beachte, dass deren Erwärmungspotential dabei nicht unbedingt mit den CO₂-Emissionen korrelieren muss. So erscheint in unserer Tabelle Japan als Spitzenreiter für Veränderungen durch den Straßenbau, gleich gefolgt von Deutschland. Die Vereinigten Staaten hingegen haben eine wesentlich niedrige Quote. Verglichen mit Deutschland ist die flächenbezogene Änderung nur etwa ein Drittel. In Russland bleibt das klimaändernde Potential noch deutlich geringer.

Wenn man in dieser Hinsicht die europäischen Länder mit den Vereinigten Staaten vergleicht, dann besteht kein Grund sich als Europäer besser zu fühlen. Unser Energieverbrauch und unsere CO₂-Emissionen mögen geringer sein. Der klimatisch wirksame Effekt des Straßenbaus ist hingegen weit höher und dürfte eine weit wichtigere Rolle für den Temperaturanstieg im letzten Jahrhundert spielen als unsere CO₂-Emissionen.

Wenn man diese Diagramme und Werte sieht, überrascht es, dass es keine wesentlichen Aussagen offizieller Stellen zu dieser Frage des menschlich verursachten Klimawandels gibt. Über Straßenbau als Ursache einer globalen Erwärmung ist nichts zu hören oder zu sehen. Zumindest ist dem Autor während seiner Tätigkeit über drei Jahrzehnte in der Energieberatung keine einzige offizielle Stellungnahme dazu bekannt geworden.

Eine grobe Recherche bei Google ergibt mit den Schlagworten „Klimawandel“ und „Straßenbau“ Ergebnisse die nur darauf Bezug nehmen, wie der Straßenbau sich dem Klimawandel anpassen müsse. Zu der umgekehrten Wirkung des Straßenbaus auf die Erderwärmung oder die Erwärmung der Treibhausgase durch Erhöhung der Wärmestrahlung scheinen sich offizielle Stellen nicht zu äußern.

Bundesumweltministerin Barbara Hendricks aus Deutschland meinte beispielsweise, dass man die Materialeigenschaften von Asphalt für den Straßenbau anpassen müsse, um Schäden bei lang anhaltenden hohen Temperaturen vorzubeugen [8-45].

Eine Erhöhung der Temperaturfestigkeit von Asphalt ist unserer Meinung nach die falsche Priorität. Besonders wenn dies unter dem Gesichtspunkt erfolgt, dass auf den neuen Asphaltstraßen dann Elektroautos fahren sollen, die aus Photovoltaikanlagen im Freiland versorgt werden. Dann hat man die Zusammenhänge wohl nicht völlig erfasst und versucht den Teufel mit Beelzebub auszutreiben!

Unserer Meinung nach erhöhen alle dunklen, stark absorbierenden Flächen mit hoher Oberflächentemperatur den Treibhauseffekt besonders stark. Die Steigerung der Oberflächentemperatur erhöht zur vierten Potenz die Wärmestrahlung und damit die Wirksamkeit des Treibhauseffekts. Das gilt für Straßenoberflächen ebenso wie für Solarkollektoren die Vegetationsflächen ersetzen.

Wesentlich sinnvoller wäre es diese stark absorbierenden und damit auch emittierenden Flächen ganz zu vermeiden oder zu beschatten. Eine Aufforstung rund um derartige Absorberflächen würde die Oberflächentemperatur und damit die Strahlungskomponente stark verringern.

Für Straßen ist das durchaus machbar! Es hätte dabei sogar den Zusatzeffekt, dass die Klimaanlage der Autos auch weniger laufen müsste. Das senkt indirekt auch den Treibstoffverbrauch. Die Asphaltmischung müsste dann auch nicht dem Klimawandel angepasst werden. Sondern das Klima auf der Straße wäre hingegen der Umwelt anzupassen. Natürlich würde dies einen erhöhten Pflegeaufwand für den Straßendienst bedeuten.

Bäume zur Beschattung von Photovoltaikanlagen im Freiland wären nun allerdings eine seltsame Vorgehensweise. Aber im Sinne des Klimaschutzes sogar sinnvoll. Auch wenn das für jeden Betreiber einer solchen Anlage eine erschreckende Vorstellung sein muss.

Dennoch müssen wir festhalten, dass wir derzeit davon auszugehen haben, dass Photovoltaikanlagen die Vegetationsflächen ersetzen, den Klimawandel verschärfen. Sie scheinen uns damit kein geeignetes Mittel zum Klimaschutz zu sein.

Die Tatsache, dass hier mehrere klimarelevante Faktoren zusammenkommen, lässt befürchten, dass deren negativer Einfluss auf die Treibhausgase extrem hoch ist. Hierzu müssen wir im nächsten Kapitel noch auf einen weiteren wichtigen Faktor hinweisen.

8.17 Selektive Wahrnehmung beim Treibhauseffekt - Absorption und Emission

In der Atmosphäre befinden sich heute mehr Treibhausgase, da der Mensch durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen zusätzliches CO_2 freigesetzt hat. Klimaschutz scheint erforderlich, da das Klima auf Erden durch die Zunahme der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre verändert wird. Das ist die zentrale Aussage des Klimaschutzes. Um ein weiteres Ansteigen der irdischen Temperatur zu vermeiden, müsse man daher auf CO_2 -freie Energieträger umsteigen.

Energie aus Solaranlagen wird dabei als „erneuerbare Energie“ zur Verringerung des Treibhauseffektes forciert. Eine Solaranlage hat keinen Rauchfang, verbrennt keine fossilen Brennstoffe und wäre daher zur Rettung des Klimas der ideale Energieträger.

Auch wir haben diese Behauptung selbst lange Zeit nicht hinterfragt und in dieser Art und Weise kommuniziert. In Zusammenhang mit unseren Beobachtungen und Analysen müssen wir heute aber zu einer anderen Einschätzung kommen.

Denn den Treibhauseffekt kann man nicht nur erhöhen, indem man mehr CO_2 in die Atmosphäre bringt. Man kann ihn auch erhöhen indem man die Atmosphäre samt dem vorhandenen CO_2 stärker erwärmt. Genau das passiert leider mit Solaranlagen. Durch die höhere Oberflächentemperatur wird die Wärmestrahlung erhöht. Damit wird mehr Wärme in das Klimasystem eingebracht. Die Leistungsdichte der Wärmestrahlung steigt mit der vierten Potenz. Womit ein starker Anstieg des Strahlungsanteils bei höheren Temperaturen verbunden ist. Darauf sind wir in den vorhergegangenen Kapiteln schon eingegangen.

Leider gibt es zusätzlich zu dieser starken Leistungssteigerung noch einen weiteren negativen Effekt der heute üblichen Photovoltaikanlagen für das Klima bzw. die Frage des Einflusses bei CO_2 .

Diese Schlussfolgerung ergibt sich aus dem Absorptionsbereich der einzelnen Treibhausgase. Denn die Absorption der Infrarotstrahlung erfolgt je nach Treibhausgas in unterschiedlichen Bereichen. Man spricht von sogenannten Absorptionsbanden.

Das sind jene Bereiche der Infrarotstrahlung in denen diese von den Treibhausgasen absorbiert wird. Eine Absorptionsbande besteht aus einer größeren Anzahl von einzelnen dicht nebeneinanderliegenden Absorptionslinien. [8-49]. Die unterschiedlichen Gase nehmen Strahlungsenergie daher in bestimmten Absorptionsbereichen auf. Bild 8-155 zeigt die Absorptionsspektren von Kohlendioxid und Wasserdampf [8-50].

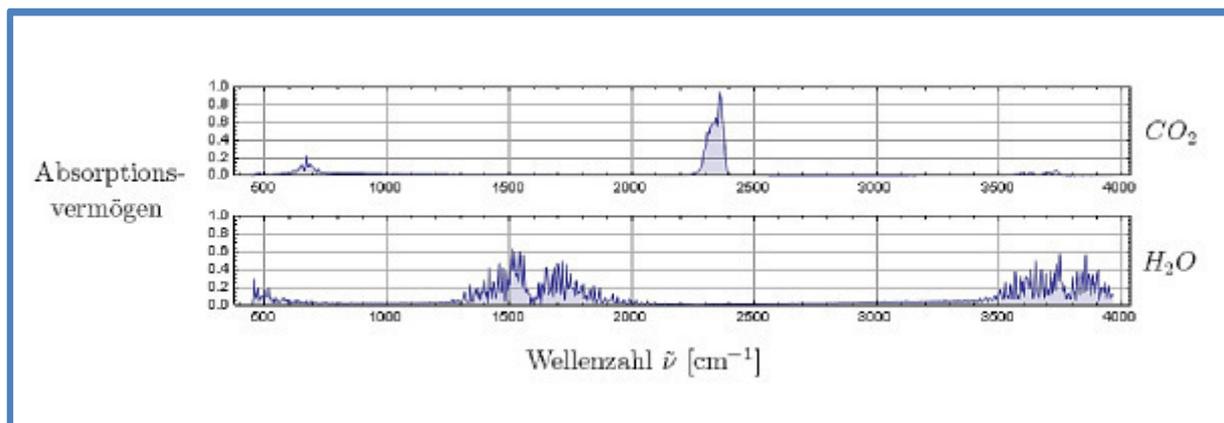


Bild 8-155: Vergleich der Absorptionsbande der Treibhausgase Kohlendioxid und Wasserdampf. CO₂ absorbiert in zwei Wellenlängenbereichen [8-50]

Kohlendioxid absorbiert und emittiert Infrarotstrahlung bei Wellenlängen von 4,26 µm und 14,99 µm [8-51]. Das bedeutet um diesen Bereich der Wellenlänge kann CO₂ Strahlung und damit Energie aufnehmen und abgeben.

Die Wärmestrahlung eines schwarzen Körpers liegt in einem breiten Wellenlängebereich vor. Nun kann man für einen schwarzen Körper berechnen, bei welcher Wellenlänge er die größte Strahlungsleistung abgibt. Das hängt von seiner Temperatur ab. Diese Frequenz bzw. Wellenlänge wird mit dem sogenannten Wien-Verschiebungsgesetz bestimmt.

Wenn man das nun für den Absorptionsbereich von CO₂ berechnet, dann kommt man zu einer erstaunlichen Feststellung. Der Absorptionsbereich von 14,99 µm entspricht einem Temperaturwert von 67°C. Wir haben in Bild 8-156 versucht den Zusammenhang zwischen Temperatur und Absorptionsbereich verständlich zu machen. Die dicke blaue Linie gibt den Zusammenhang zwischen Temperatur und Wellenlänge des Strahlungsmaximums an. Man kann mit dieser Linie sozusagen die zentrale Wellenlänge für eine bestimmte Temperatur des Strahlungskörpers ablesen.

Die Temperatur von 67°C entspricht dabei einer Wellenlänge von ca. 15 μm . Nun weisen Treibhausgase einen breiteren Bereich auf, in dem sie Wärmestrahlung absorbieren können. Der in Bild 8-156 rot markierte Bereich ist zentriert auf den Absorptionsbereich von CO_2 . Er verdeutlicht damit den Bereich in dem es gelingt das Treibhausgas CO_2 sozusagen „aufzuladen“.

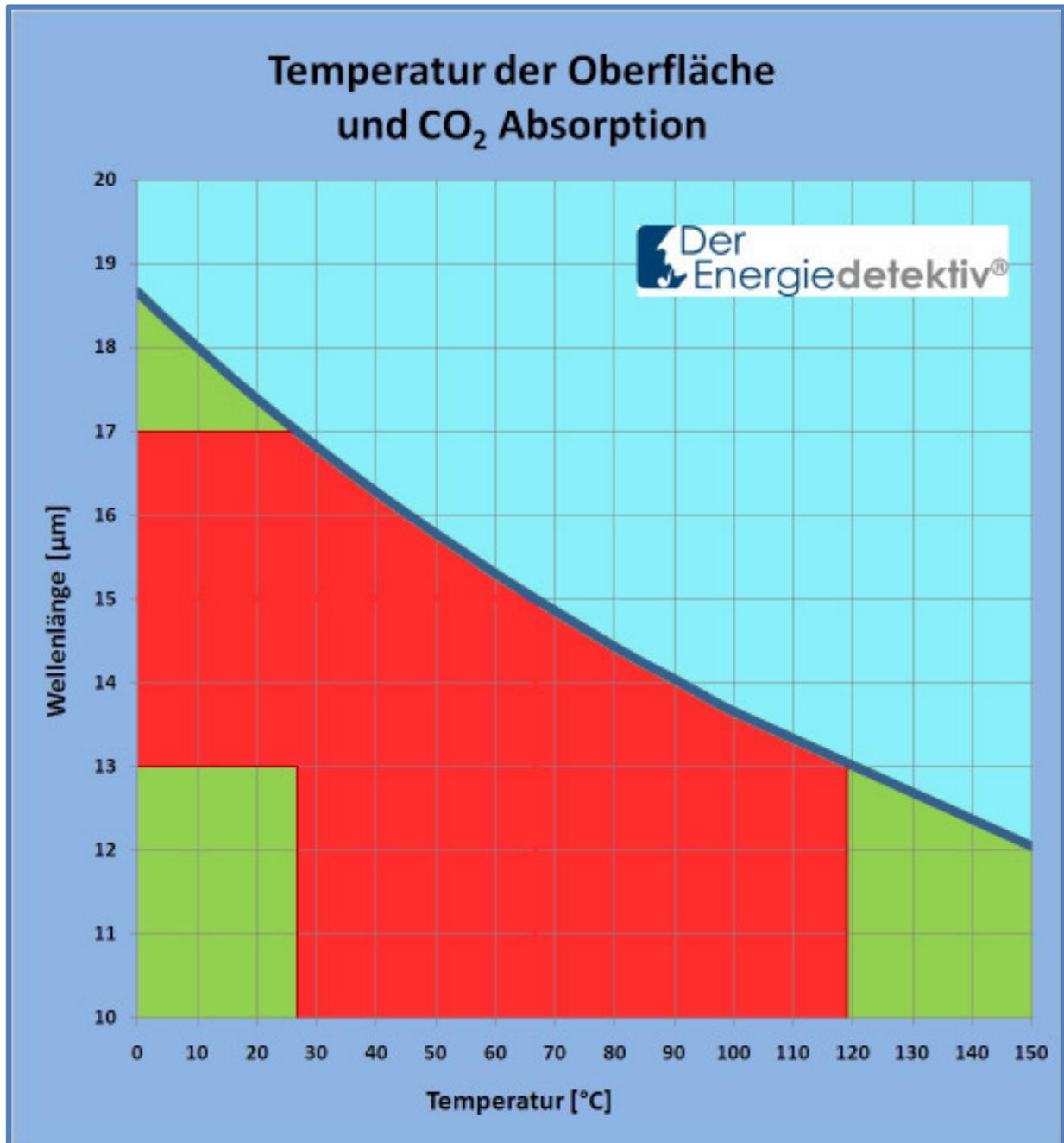


Bild 8-156 Zusammenhang zwischen Temperatur des schwarzen Körpers und der Wellenlänge der maximalen Strahlungsdichte. Der rot markierte Bereich deutet näherungsweise den Absorptionsbereich von Kohlendioxid an.

Damit liegt dieser Absorptionsbereich von CO₂ sehr genau in jenem Temperaturbereich, den wir bei schwarzen Absorptionsflächen messtechnisch festgestellt haben. Unsere Auswertungen zeigen dies für Photovoltaikanlagen ebenso wie für Straßenkörper. Man vergleiche dazu nochmals die Bilder 8-118, 8-134 oder 8-143. Der nach [8-28] gegebene Temperaturverlauf an Solarmodulen belegt dies ebenfalls.

Die an den fraglichen Flächen – Solarmodule bzw. Straßenkörper – auftretenden Oberflächentemperaturen liegen damit exakt im Bereich der CO₂-Absorptionsbande. Diese technischen Einrichtungen versorgen sozusagen frequenzoptimiert das Treibhausgas CO₂ mit Strahlungsenergie.

Würde hingegen die Temperatur niedriger bleiben, dann bleibt das Maximum der Wärmestrahlung außerhalb dieses Wellenlängenbereichs. Das ist durch die grün markierten Bereiche im linken Teil von Bild 8-156 angedeutet. Dieser Temperaturbereich entspricht im Wesentlichen den von uns an Vegetationsflächen festgestellten Werten.

8.18 Wie man CO₂ optimiert den Treibhauseffekt befeuert

Auch wenn eine Photovoltaikanlage oder thermische Solaranlage keinen Schornstein besitzt und kein CO₂ ausstößt, trägt sie so dennoch zum Treibhauseffekt bei. Denn die höhere Temperatur der Oberfläche führt dazu, dass die Wärmestrahlung sich auf den Absorptionsbereich des Kohlendioxids konzentriert.

Leider wird dieser Effekt noch zusätzlich durch zwei Faktoren verstärkt. Zum einen durch die Zunahme der Strahlungsleistung. Das hatten wir schon mehrfach dargestellt. Die Leistungsdichte steigt mit der vierten Potenz. Eine Erhöhung der Temperatur von 15 °C auf 60 °C führt dabei zu einer Zunahme der Strahlungsleistung um beinahe 80%. Gleichzeitig stimmt dann der Frequenzbereich ideal mit dem „Empfangsbereich“ der CO₂ Moleküle überein. Es ist ähnlich wie früher bei einem Radio, wenn man das Empfangsgerät genau auf einen Sender abstimmt.

Allerdings spielt noch ein weiterer, kaum beachteter Faktor eine große Rolle. Die Zusammensetzung der lokalen Atmosphäre ist kein konstanter Zustand. Das bedeutet, an einem bestimmten Ort besteht nicht ständig eine gleichartige Konzentration der Treibhausgase. Der Anteil von Wasserdampf oder Kohlendioxid ist örtlich nicht konstant sondern hängt von den jeweiligen Umständen ab.

445

So ist bei heiterem Himmel logischerweise wenig Wasserdampf in der Luft. Weder Nebel noch Wolken behindern die Sonnenstrahlung. Damit ändert sich lokal der prozentuelle Anteil der Treibhausgase in der Atmosphäre. So wird lokal auch die Bedeutung einzelner Treibhausgase geändert. 60% des Treibhauseffektes ist insgesamt auf Wasserdampf zurückzuführen.

Bei klarem Himmel ist jedoch die Luft sehr trocken. In trockener Luft steigt der prozentuelle Volumsanteil von CO₂ um 20% [8-27]. Trockene Luft enthält keinen Wasserdampf. Damit fällt dieses wichtigste Treibhausgas ganz weg. Andere Treibhausgase liegen nur in sehr geringer Konzentration vor. Damit wird in trockener Luft CO₂ zum wichtigsten Treibhausgas. Andererseits wird gerade bei klarem Himmel die Oberflächentemperatur an absorbierenden Flächen stark erhöht.

Hinzu kommt noch die Tatsache, dass die Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen zeitlich kaum planbar ist und insbesondere in den Nachtstunden nicht möglich ist. Es muss daher ständig ein zusätzliches Kraftwerkssystem vorgehalten werden, das bei Ausfall der Stromlieferung aus den Photovoltaikflächen die nötige Leistung zur Verfügung stellt. Dies sind primär Kraftwerke auf Basis fossiler Brennstoffe. Hier werden insbesondere Kohlekraftwerke eingesetzt, die einen hohen CO₂ Ausstoß aufweisen. Damit provoziert die unsichere Stromerzeugung in wetterabhängigen Solaranlagen zusätzliche CO₂ Emissionen, die dann wieder bei Schönwetter „frequenzoptimiert“ von diesen Photovoltaikanlagen befeuert werden können.

Es ergibt sich damit insgesamt eine Situation, die sich gegenseitig wie folgt massiv verstärkt:

- Klarer Himmel sorgt dafür, dass der Sonnenschein ideal zum Erdboden durchdringen kann.
- Schwarze Flächen wie Solarkollektoren oder Asphalt absorbieren diese Sonnenstrahlung bestmöglich
- Die Absorption erhöht die Oberflächentemperatur der betroffenen Flächen.
- Bei Solaranlagen besteht diesbezüglich kein wesentlicher Unterschied ob es sich um thermische Solaranlagen oder Photovoltaikanlagen handelt
- Technische Anlagen wie Asphaltstraßen oder Solaranlagen erreichen dabei oft Temperaturen um 60°C
- Diese Oberflächentemperaturen um 60°C sorgen dafür, dass das Maximum der Strahlungsdichte in das Zentrum des Absorptionsbereichs von CO₂ (15 µm) verschoben wird
- Die Leistungsdichte der Wärmestrahlung steigt mit der vierten Potenz der Temperatur.
- Klarer Himmel ist gegeben, wenn die Luft möglichst keinen Wasserdampf enthält und somit möglichst trocken ist.
- Bei trockener Luft wird CO₂ zum wichtigsten Treibhausgas, das die Wärmestrahlung absorbieren kann
- In Summe erhöhen damit alle drei Faktoren massiv den Treibhauseffekt von CO₂ ohne dass dafür ein zusätzlicher CO₂ – Ausstoß durch Verbrennung gegeben wäre

Unter diesen Gesichtspunkten kann eine solche Solaranlage bzw. Photovoltaikanlage sicher nicht als „CO₂ neutral“ angesehen werden. Sie emittiert beim Betrieb zwar selbst kein CO₂, befeuert aber gleichzeitig das bei klarem Himmel konzentrierter vorhandene CO₂ in der Atmosphäre.

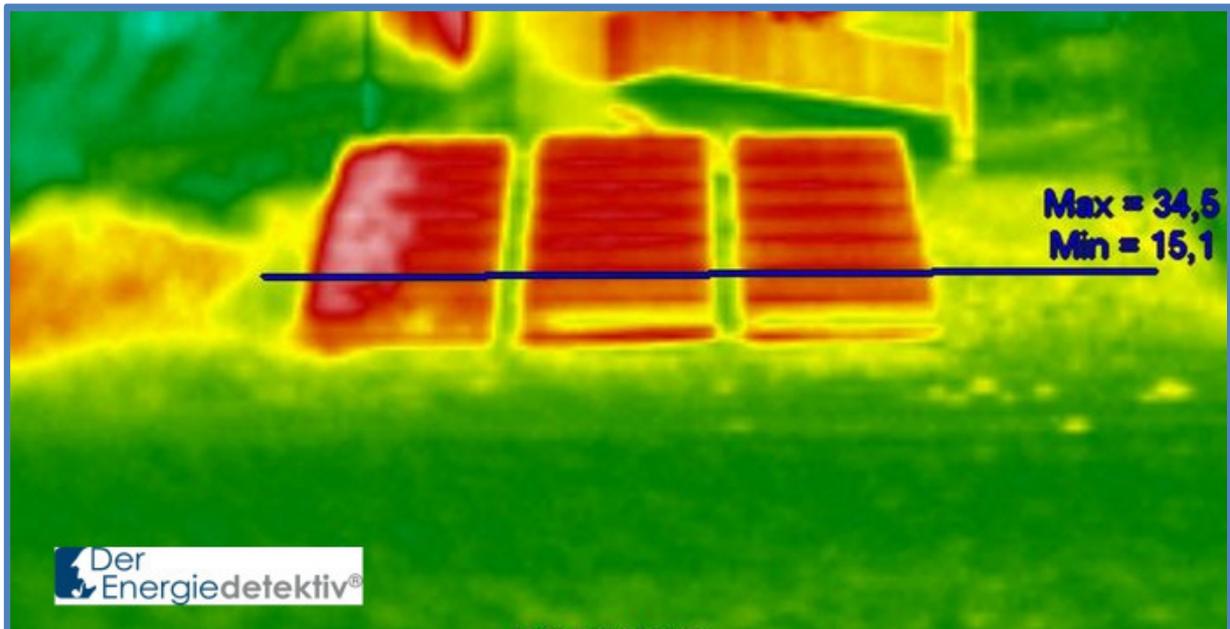


Bild 8-157 und 8-158: diese Aufnahme dokumentiert an einer thermischen Solaranlage die Zunahme der Strahlungsleistung und Verschiebung der Wellenlänge in Richtung CO₂-Absorptionsbande auch im Dezember

Diese Effekte sind ganzjährig wirksam, wie die folgenden Bilder dokumentieren. Dabei kommt es sowohl im Sommer als auch im Winter zu einer erhöhten Wärmestrahlung.

Die Bilder 8-157 und 8-158 zeigen eine thermische Solaranlage auf einer Grünfläche. Die Aufnahme entstand im Winter, am Jahresende im Dezember bei einer Lufttemperatur von 5°C.

Die Glasscheibe des Solarkollektors hat eine Temperatur von 34,5°C, der Bodenbereich von 15°C. Damit ist die Strahlungsleistung von 390 auf 509 W/m² gestiegen. Die Wellenlänge der maximalen Strahlungsdichte wurde von 17,7 µm auf 16,5 µm verschoben. Sie hat sich damit deutlich in Richtung Zentrum der CO₂ Absorptionsbande bewegt.

Wie sich die Situation bei Solaranlagen im Lauf des Jahres ändert, dokumentieren die Bilder 8-159 bis 8-162. Hier ist eine thermische Solaranlage sowohl für die Situation im Winter als auch im Sommer dargestellt.

In den Bildern 8-159 und 8-160 sehen wir die Situation im Winter bei einer Lufttemperatur leicht unter dem Gefrierpunkt. Die Aufnahme entstand Ende Jänner bei Schneelage. Dementsprechend groß ist die Temperaturdifferenz bei der Wärmestrahlung. Auf der Schneefläche wird die Sonneneinstrahlung zum überwiegenden Teil reflektiert. Auf der Solarfläche hingegen ist eine hohe Absorptionsrate vorhanden. Hier liegt die Temperatur über 37°C. Laut dem Wärmebild beträgt die Temperaturdifferenz rund 46 Kelvin. Im Winter liegt nun die Strahlungsleistung der Absorptionsfläche bei etwa 507 W/m² bei einer Wellenlänge der maximalen Strahlungsdichte von etwas über 16 µm.

Die Situation im Juni zeigen die Bilder 8-161 und 8-162. Hier steigt die Oberflächentemperatur der Solaranlage auf 64,3 °C an. Die umliegende Vegetation ist weit kühler und erreicht im Wärmebild einen Wert von rund 27°C was auch der Lufttemperatur entspricht. Für diese Situation im Frühsommer liegt nun die Strahlungsleistung der Absorptionsfläche bei etwa 735 W/m² bei einer Wellenlänge der maximalen Strahlungsdichte von 15,1 µm. Die Wellenlänge ist damit ideal auf den CO₂ Absorptionsbereich abgestimmt.

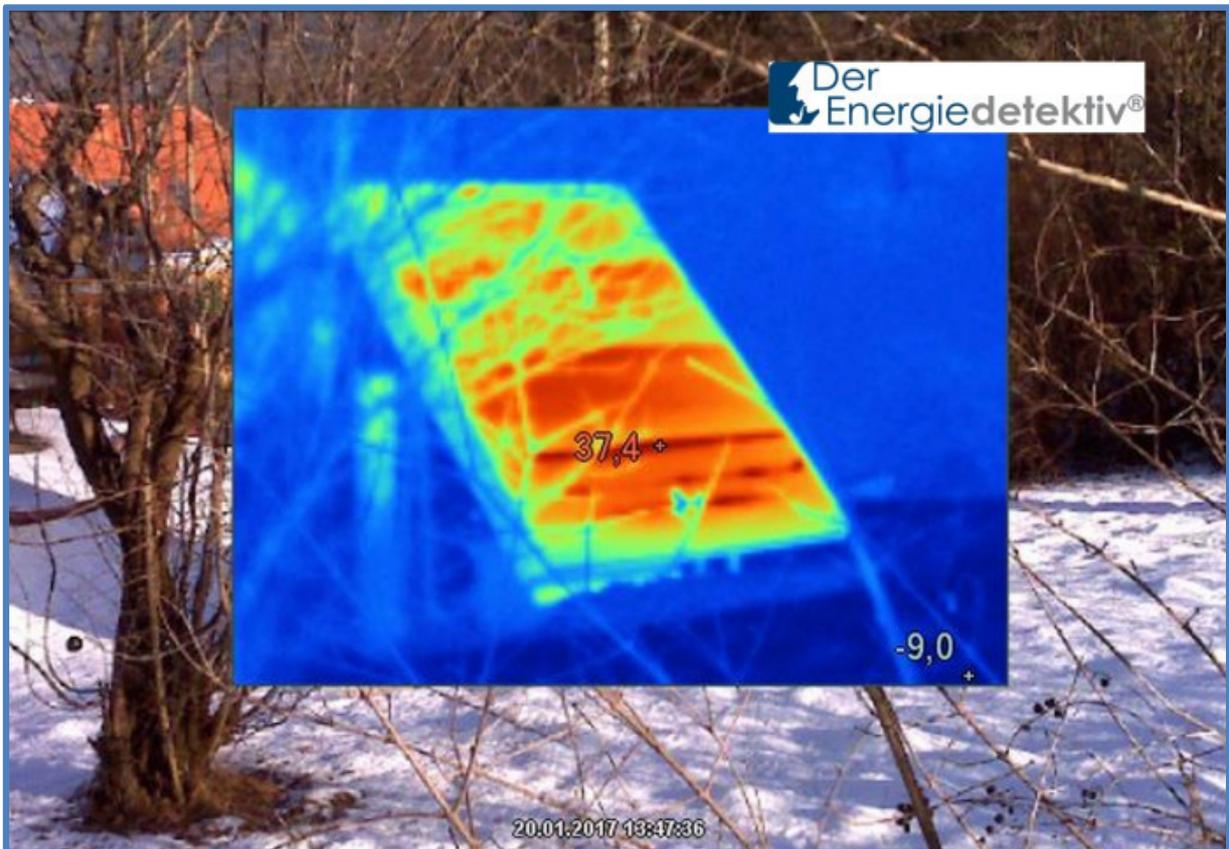


Bild 8-159 und 8-160: diese Aufnahme dokumentiert an einer weiteren thermischen Solaranlage die Situation im Winter

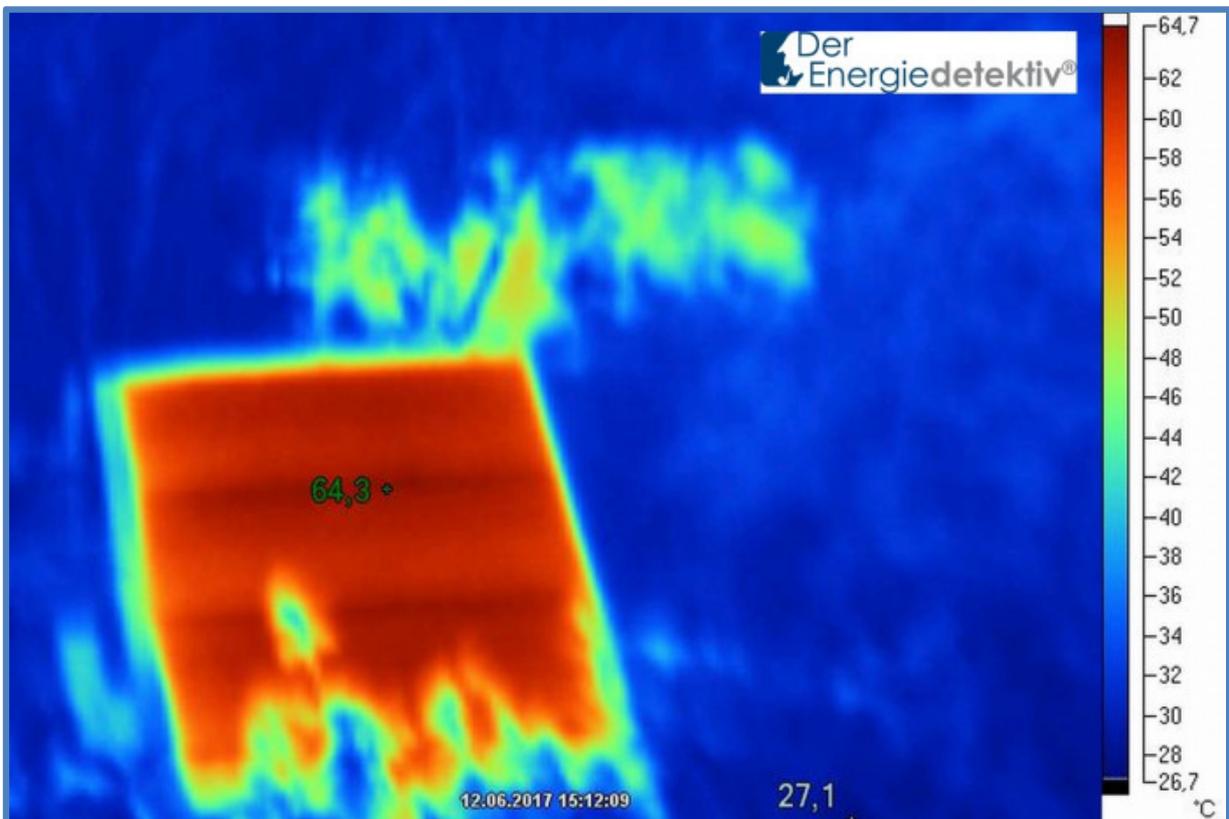


Bild 8-161 und 8-162: diese Aufnahme dokumentiert die Situation an der thermischen Solaranlage im Sommer

Diese Bilder dokumentieren gemeinsam mit den vorgelegten Berechnungen auf erschreckende Weise, wie ohne zusätzliche CO₂-Emissionen die Treibhauswirkung von CO₂ durch Solaranlagen forciert wird.

Dieser Effekt ist ganzjährig gegeben, sowohl im Winter als auch im Sommer. Wobei naturgemäß die Strahlungsleistung im Sommer wesentlich höher ist. Wenn man nun die Situation mit der unberührten und natürlichen Umgebung vergleicht, kommt man zu dem Schluss, dass auch oder gerade Solaranlagen zum Treibhauseffekt beitragen und nur eine unberührte Landschaft keinen erhöhten Beitrag zur Klimaerwärmung leisten würde.

Hinzu kommt, dass neben der CO₂-Optimierung der Strahlungswärme auch die durch Konvektion an den Solarflächen abgeführte Wärme zur Klimaänderung beiträgt. Dabei treten mehrere klimarelevante Effekte auf, die eine Klimaänderung durch Solaranlagen hervorrufen. Auf diese Mechanismen werden wir weiter unten noch näher eingehen.

8.19 Zusammenfassung – Nebenwirkungen von Solaranlagen im Klimaschutz

Die direkte Nutzung der Solarenergie wird als eine der wichtigsten Maßnahmen der sogenannten Energiewende gesehen. Die direkte Umwandlung von Sonnenstrahlung ist ein Grundstein des Umbaus des gesamten Energiesystems. Elektrische Energie aus Photovoltaikanlagen soll Elektromobilität und vieles mehr ermöglichen. Dabei scheint niemand darüber nachdenken zu wollen, ob nicht auch diese Art der Energienutzung negative Nebenwirkungen haben könnte.

„Der Energiedetektiv“ ist in seiner täglichen Arbeit mit zahlreichen Beobachtungen und Ermittlungsergebnissen konfrontiert. Manche davon führten uns zur näheren Analyse der Nebenwirkungen von Solaranlagen.

Wir sind aufgrund der hier vorgestellten Beobachtungen, Auswertungen und Abschätzungen heute der Überzeugung, dass die direkte Nutzung der Solarenergie nicht schadlos erfolgen kann. Im Gegenteil trägt sie zum Klimawandel bei und schädigt bestehendes Leben. Damit geht von derartigen Anlagen eine potentielle Gefahr für die Umwelt und das Leben auf Erden aus. Man könnte die festgestellten Zusammenhänge zu einem metaphorischen Satz verdichten:

452

**Mit Kernenergie verbrennen wir die Zukunft,
mit fossilen Brennstoffen verbrennen wir die Vergangenheit,
mit Solarenergie verbrennen wir die Gegenwart!**

Betroffen von den Nebenwirkungen der Energiewende ist damit unmittelbar gegenwärtiges Leben. Es ist ein Irrtum zu glauben man könne das Klima und das Leben schützen, indem man ausgerechnet und unmittelbar in den Klimaprozess und die Nahrungskette allen Lebens eingreift.

Die direkte und unmittelbare Nebenwirkung der Nutzung von Solaranlagen erreicht vorerst nur jene unscheinbaren Lebewesen, die vom Entzug ihrer Lichtnahrung betroffen sind. Dieses Leben ist weitgehend unauffällig oder teilweise sogar im Boden verborgen. Der moderne selbstgerechte Mensch nimmt es gar nicht wahr. Die negativen Begleiterscheinungen erfolgen somit für breite Teile der Bevölkerung

unsichtbar. Sie sind aber dennoch vorhanden. Sichtbar werden die negativen Einflüsse derzeit in erster Linie bei jenen Absorptionsflächen, die bisherige Vegetationsflächen ersetzen oder beeinträchtigen.

Dabei sind die geschilderten Effekte meist nicht nur auf Solaranlagen beschränkt sondern betreffen auch andere, stark Solarstrahlung absorbierende technische Flächen, wie beispielsweise den Straßenbau und angrenzende Parkplätze.

Wir konnten mit unseren Untersuchungen sowohl am Modell als auch durch Beobachtungen an real existierenden Solaranlagen die negativen Auswirkungen dokumentieren und damit für jedermann sichtbar machen. Auch die theoretischen Überlegungen auf Basis des Energieerhaltungssatzes bestätigen unsere Beobachtungen und sollten für jedermann mit physikalischer Grundausbildung nachvollziehbar sein. Die von uns gezeigten Experimente dürften ebenfalls für jedermann nachvollziehbar und wiederholbar sein.

Es sollte daher auch für breitere Schichten der Bevölkerung anhand der vorgestellten Unterlagen nachvollziehbar sein, dass leider die direkte Nutzung von Solarenergie auch negative Auswirkungen hat.

Die negativen Auswirkungen von Solaranlagen betreffen dabei einerseits die Nahrungskette und schwächen damit letztlich die gesamte Biosphäre im betreffenden Raum.

Andererseits ist das Klimasystem ebenfalls von den Emissionen von Solaranlagen betroffen. Es kommt zu Änderungen in den Energieflüssen, die ihrerseits klimatisch relevante Teilbereiche des Klimasystems betreffen.

Die Annahme, dass die direkte Umwandlung von Licht bzw. Sonnenenergie in unterschiedliche Energieformen (Strom, Wärme) klimaneutral bleibt, beruht auf einer zu starken Vereinfachung des Energiestroms. Dies ist aber unzulässig, da einerseits unterschiedliche Bereiche des Klimasystems betroffen sind und andererseits die Speicherwirksamkeit der unterschiedlichen Bereiche nicht berücksichtigt wird.

Die Untersuchung dieser Energie- und Stoffflüsse ist jedoch unabdingbar, wenn man ein stabiles Klima anstrebt und Nebenwirkungen vermeiden will. Im bisherigen Abschnitt unserer Untersuchungen haben wir uns vorrangig mit den direkten Auswirkungen der erhöhten Absorption von Solaranlagen im Vergleich zu Vegetationsflächen beschäftigt.

Weitere Nebenwirkungen und Zusammenhänge insbesondere in Hinblick auf die Frage der Speichersysteme und möglicher Kombinationseffekte werden wir weiter unten noch näher analysieren. Dennoch soll der bisherige Ermittlungsstand zusammengefasst werden.

Die hier vorgestellten Nebenwirkungen stellen keinen Anspruch auf Vollständigkeit sondern verstehen sich als Diskussionsgrundlage. Sie sollen damit den Blick auch auf jene Bereiche lenken, die gerne im Höhenrausch neuer Techniken und Strategien übersehen werden.

8.19.1 Ein erster Überblick der identifizierten Nebenwirkungen

Unsere Beobachtungen und Auswertungen lassen Nebenwirkungen mit potentieller Schädigung in folgenden Bereichen erkennen bzw. erwarten:

Eingriff in die Nahrungskette durch Lichtkonkurrenz

- geringerer Ertrag aus Photosynthese im beschatteten Bereich
- Damit geringerer Ertrag für die davon abhängende Nahrungskette im Bodenbereich
- potentiell Massensterben von Kleinlebewesen durch geringeres Nahrungsangebot

Eingriff in das regionale Kleinklima

- Änderung der Temperaturverhältnisse
- Verringerung der Temperaturverhältnisse (beschattete Bereiche)
- Erhöhung der Temperaturverhältnisse (Absorberoberfläche, aber auch Bodenbereich durch veränderte Kühlung und/oder Wärmebelastung)
- Änderung in der Niederschlagsverteilung
- Bereiche mit erhöhter Trockenheit
- Bereiche mit erhöhter Niederschlagsbelastung
- da das Weltklima nichts anderes ist als die Summe aller Kleinklimata, sind diese Eingriffe nicht nur regional sondern global bedeutsam

Eingriff in relevante Speichersysteme

- **Speichersysteme für Solarenergie**
 - Verringerung der Speicherleistung der Biosphäre durch geringere Photosynthese
 - Verringerung der Speicherleistung des Bodens durch direkte Umsetzung in Wärme an vom Boden entfernten Flächen
 - Wärmeabgabe primär an Luft und über Wärmestrahlung sowie Beschattung am Boden
 - Ausgleichende Wirkung durch zeitliche und regionale Verschiebung der Solarnutzung reduziert

- **Speichersystem für Wasser bzw. Niederschläge**
 - Verringerung der Speicherleistung der Vegetation
 - Verringerung der Speicherleistung des Bodens
 - Ausgleichende Wirkungen zeitlich und regional geändert

Eingriff in das bodennahe Kühlsystem

- Verdunstungsleistung der Vegetation durch Änderung der Vegetation
- Abschattungsfunktion durch Änderungen bei Wolkenbildung und Bewuchs betroffen
- Geographische Verlagerung der Verdunstungsmengen durch geänderte Abflussverhältnisse

Eingriff im Bereich Wärmestrahlung

- Lokale Änderung der Bodentemperaturen
- Erhöhung der Oberflächentemperaturen am Absorber
- Verschiebung der Wärmestrahlung in den Absorptionsbereich von CO₂
- Mit vierter Potenz der Temperatur ansteigende Strahlungsleistung der Wärmestrahlung
- Strahlungsleistung in Zeiten hoher CO₂ Konzentration maximiert, damit insgesamt auf maximale Befeuern des Treibhausgases CO₂ optimierte Nebenwirkung
- Aufgrund der weitgehenden Unberechenbarkeit der Stromproduktionen werden zusätzliche Kraftwerksparks auf Basis fossiler Energieträger vorgehalten. Diese führen zu CO₂ Emissionen, die dann bei Sonnenschein durch die Wärmestrahlung der Solarflächen geladen werden und den Treibhauseffekt erhöhen

8.19.2 Klimaschaden oder Klimaschutz durch Solaranlagen?

Wir sind aufgrund der hier vorgelegten Beobachtungen, Auswertungen und Abschätzungen daher der Überzeugung, dass alle technischen Anlagen, die gegenüber der ursprünglichen Umgebungstemperatur erhöhte Temperaturen erreichen, zum Treibhauseffekt bzw. zur Klimaerwärmung beitragen. Zu diesen technischen Anlagen gehören Photovoltaikanlagen oder thermische Solaranlagen ebenso wie beispielsweise auch der Straßenbau.

Die Frage, ob wir durch derartige Flächen das Leben auf Erden schützen oder gefährden, hängt letztlich von der Frage ab, ob diese die Ursprungssituation verbessern oder verschlechtern.

Überall dort, wo eine Photovoltaikanlage oder eine thermische Solaranlage einen Vegetationsbereich beeinträchtigt wird dies der Fall sein. Dort stirbt bestehendes Leben ab, verrottet und setzt damit zusätzliches CO₂ frei. Über die folgende Nahrungskette ist der gesamte Lebensbereich betroffen. Abgestorbenes Leben kann nicht in gleicher Menge und Art nachgebildet werden, da dem Bodenbereich Licht dauerhaft entzogen wird.

458

In Summe wird so der Lebenskreislauf geschwächt und die klimaschädigende Wirkung der Wärmestrahlung (Treibhauseffekt) erhöht. Gleiches gilt natürlich auch im Straßenbau bzw. für Verkehrsflächen wie Parkplätze etc. Der Straßenkörper ersetzt die ursprünglich vorhandene Vegetation. Auch hier wird dadurch über den Prozess des Absterbens ein Beitrag zur Erhöhung der CO₂ Werte geleistet. Die tote und hoch absorbierende Fläche ergibt dann höhere Oberflächentemperaturen. Dies steigert die Wärmeabgabe über Wärmestrahlung. Über diese forcierte Wärmestrahlung wird die klimaschädigende Wirkung des Treibhauseffektes erhöht. Dies gilt sowohl für Straßenflächen als auch für Solaranlagen.

In Anbetracht des viel stärkeren Anstiegs der Straßenfläche gegenüber dem Anstieg der CO₂ Konzentration kommen uns gewisse Zweifel, ob tatsächlich letztere die treibende Kraft in der bisherigen Zunahme der Temperatur ist.

Beim Straßenbau wäre durch optimale Beschattung der Straßen eine Verringerung der Wärmestrahlung möglich. Die Aufforstung der Straßenränder wäre damit wohl eine vernünftige Maßnahme im Klimaschutz. Sie würde allerdings einen deutlichen Mehraufwand in der Pflege bedeuten. Die Tendenz geht derzeit leider in die völlig andere Richtung.

Eine Beschattung von Photovoltaikanlagen ist wirtschaftlich wohl nicht sinnvoll. Zumal die Errichtung der Photovoltaikanlagen bisher ohnedies nur auf massiven Förderungen beruht. Dennoch wird es sinnvoll sein, längerfristig beeinträchtigte Vegetationsflächen wiederherzustellen. Für den Klimaschutz könnte es sogar sinnvoll sein, dass Photovoltaikanlagen auf Freiflächen langfristig wieder rückgebaut werden.

Zu vermeiden wären auf jeden Fall weitere Photovoltaikanlagen im Freiland. Solaranlagen sind dort sinnvoller, wo bereits eine hohe Strahlungsleistung der Wärmestrahlung gegeben ist. Das ist besonders für Solaranlagen auf schrägen Dächern der Fall. Denn hier befinden diese sich kaum in direkter Konkurrenz mit dem Leben und der Nahrungskette.

Auf schrägen, südorientierten Dächern können Solaranlagen zumindest zeitweise auch einen „kühlenden“ Effekt erzielen. Die strahlende Oberfläche der Solaranlage weist dann eine geringere Temperatur auf, als die Dachfläche. In diesem Fall bleibt die Wärmestrahlung geringer. Bild 8-163 und Bild 8-164 zeigen ein Beispiel für eine solche Situation.

Damit dürften derartige Anlagen auf südorientierten Schrägdächern keine oder allenfalls sehr geringe zusätzliche Wärmestrahlung verursachen. Solaranlagen auf solchen Dächern scheinen in dieser Hinsicht vorerst unbedenklich, da ohne diese eine ähnliche Klimabelastung durch das Bauwerk gegeben ist.

Die im Vergleich zur normalen Dachdeckung kältere Solarfläche erklärt sich allerdings daraus, dass einerseits Abwärme direkt an die Luft zwischen Dach und Solarfläche abgeführt wird. Andererseits wird die produzierte Nutzenergie an anderer Stelle verwendet und senkt damit die Erwärmung.

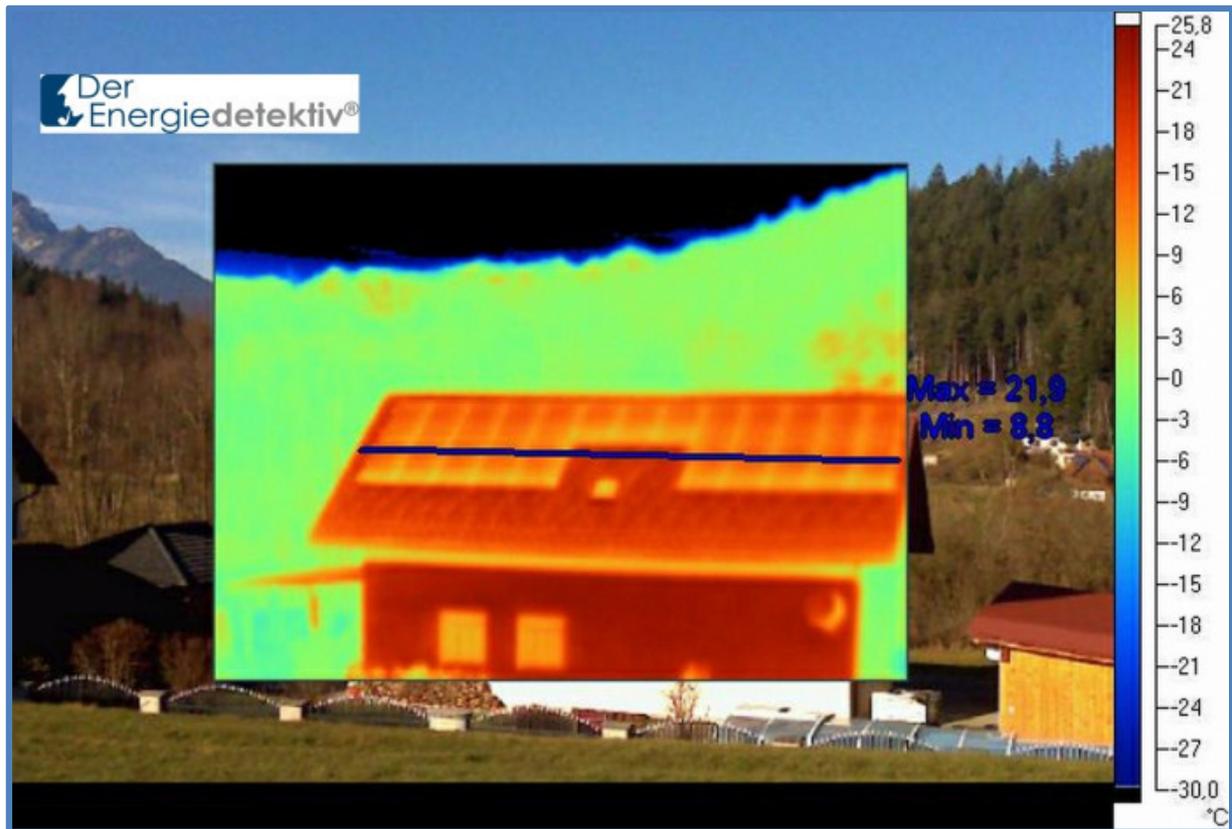


Bild 8-163: Photovoltaikanlage auf einem schrägen Dach an einem sonnigen Wintertag. Die Temperatur entlang der markierten Linie schwankt um ca. 13 Kelvin

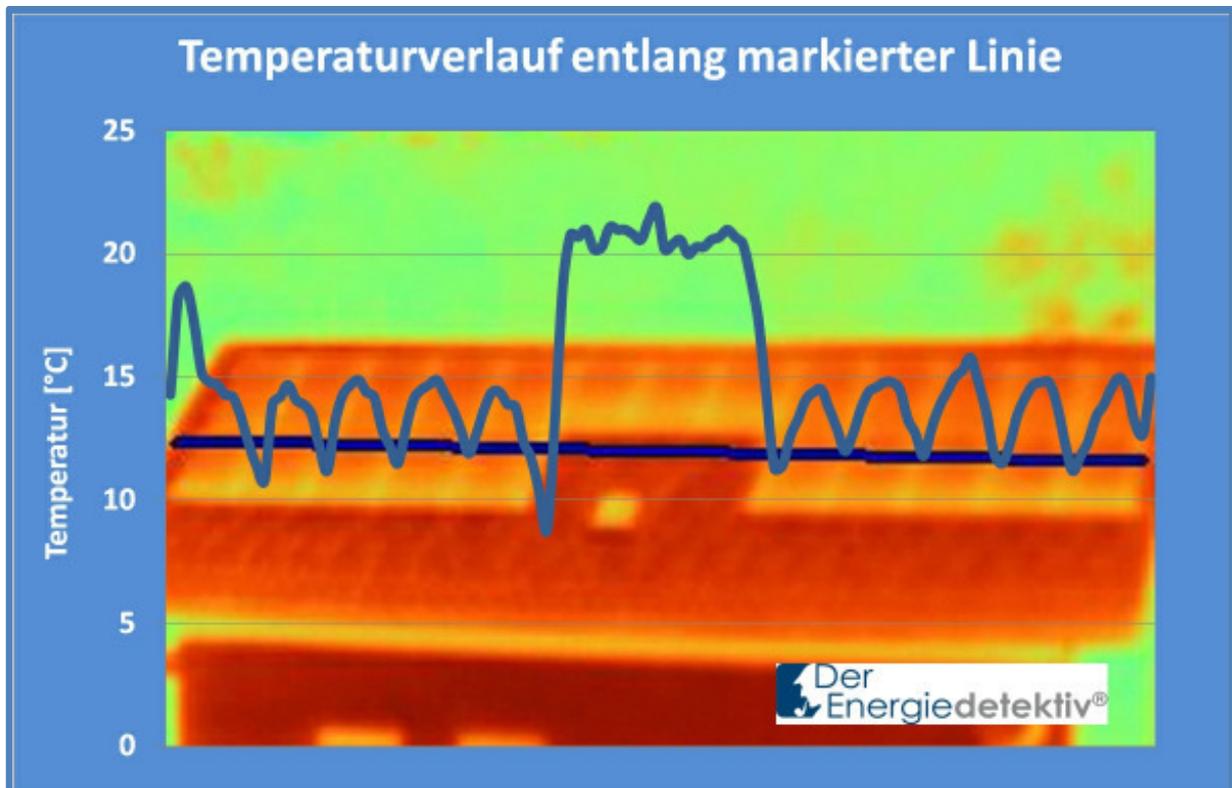


Bild 8-164: hier wurden die Strahlungswerte entlang der Linie näher ausgewertet. Der Unterschied zwischen Solarzellen und Dachdeckung ist deutlich zu sehen

Allerdings könnten auch mit solchen Anlagen zusätzliche Nebenwirkungen verbunden sein, die dann einen negativen Einfluss auf das Klimageschehen haben. Dies betrifft einerseits die weiteren Energieströme und andererseits den Wasserhaushalt. In beiden Fällen ist dabei auch die Frage der jeweils betroffenen Speichersysteme relevant. Weiter unten wird in getrennten Kapiteln dieser Frage noch näher nachgegangen.

Allerdings wäre auch für Photovoltaikanlagen und thermische Solaranlagen sicherzustellen, dass diese nicht höhere Temperaturen erreichen, als die betreffende Dachfläche erreicht hätte. Andernfalls würde auch dann eine Erhöhung deren Wärmestrahlung zum Klimawandel zusätzlich beitragen.

Dies ist vor allem für stillstehende oder stillgelegte Solaranlagen der Fall. Sobald die Entnahme an Nutzenergie unterbleibt werden die Anlagen relativ warm. Thermische Solaranlagen führen im Stillstand zu sehr hohen Temperaturen, die dann eine hohe Strahlungsleistung aufweisen.

Besonders problematisch erscheint uns in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass uns zunehmend Großanlagen bekannt werden, die nach einigen erfolgreichen Jahren an Leistung verlieren und schließlich stillstehen. Dabei bleibt die hohe Absorptionsfähigkeit allerdings erhalten. Eine solche Solaranlage droht dann nur mehr zur Strahlungsquelle für Wärmestrahlung zu werden ohne einen wirklichen Nutzen zu stiften.

Entscheidend für die Frage, ob an einer bestimmten Stelle eine Solaranlage für den Klimaschutz sinnvoll ist, sind primär ein Vergleich der Absorptionsrate und der Einfluss auf die Vegetation vor und nach Errichtung einer Solaranlage.

Flachdächer mit Kiesdeckung schneiden in dieser Hinsicht wohl wesentlich schlechter ab als schräge Süddächer mit Ziegeldeckung oder dunklem Welleternit. Die Situation bei Flachdächern verdeutlicht Bild 8-165. In diesem Bild sind mehrere mögliche Bereiche gekennzeichnet. Kiesfläche, Solarfläche und Vegetation weisen unterschiedliche Art des Umgangs mit der eingestrahltten Sonnenenergie um. Dies betrifft einerseits das Verhältnis von Absorption und Reflexion, andererseits die Frage, wie die absorbierende Sonnenenergie weiter verarbeitet wird.

Kritisch ist die Situation immer dann, wenn Solaranlagen bzw. allgemeiner technische Anlagen die Absorptionsrate erhöhen und/oder die Vegetation beeinträchtigen (Schattenwurf). Man muss sich hier immer die Frage stellen, welchen Effekt hatte die Sonnenstrahlung vor Errichtung der Solaranlage? Welchen Effekt hat sie nach Errichtung einer solchen Anlage? Eine detaillierte Analyse des solaren Energiestroms ist zur Bewertung allfälliger Nebenwirkungen daher immer erforderlich!



Bild 8-165: Solaranlagen auf kiesbedeckten Flachdächern finden eine andere Ausgangssituation vor. Ein heller Kiesbelag absorbiert wesentlich weniger Solarenergie und ergibt geringere Wärmebelastung samt Wärmestrahlung. Vegetationsflächen bilden Biomasse und tragen zur sommerlichen Kühlung bei

Bei kiesbedeckten Flachdächern wird durch schräg gestellte Solaranlagen eine vorher geringe Absorptionsrate durch eine Anlage mit wesentlich höherer Absorptionsrate ersetzt. Nur ein relativ kleiner Teil der absorbierten Energie wird dann als Nutzenergie vom Menschen verwendet.

Der größere Anteil der absorbierten Energie ist reiner Abfall und führt zu Emissionen. Diese Emissionen betreffen direkt die Erwärmung der Atmosphäre. Aufgrund der relativ hohen Temperaturen ist der Strahlungsanteil der Wärmeabgabe sehr hoch. Zusätzlich liegen diese Strahlungsemissionen dann mit ihrem zentralen Frequenzbereich ausgerechnet im Absorptionsbereich von CO₂.

In einem solchen Fall wird daher einerseits die Absorptionsrate erhöht und die daraus entstehende Abwärme CO₂-optimiert an die Atmosphäre abgegeben. Im Unterschied zur Situation von südgerichteten und geneigten Dächern mit bestehender relativ hoher Absorptionsrate müssen wir daher bei derartigen Anlagen mit einer zusätzlichen, also höheren Klimabelastung rechnen. Klimaschutz müsste auf Flachdächern mit heller Kiesdeckung eigentlich das Vermeiden jeglicher stärker absorbierender Flächen bedeuten. Dies inkludiert leider auch Solaranlagen!

8.19.3. Ökonomische Grundgesetze sind angewandte Physik!

In diesem Zusammenhang wollen wir in Erinnerung rufen, dass auch für die Nutzung der Solarenergie zwei fundamentale ökonomische Regeln gelten:

1.) **Produktionserhöhung:** die Erhöhung der Produktionsmenge gelingt nur durch höhere Arbeitsleistung und führt zu mehr Ertrag. In Zusammenhang mit Solarenergie bedeutet mehr Arbeitsleistung und mehr Ertrag die Erhöhung der Absorptionsrate und damit letztlich eine erhöhte Wärmebelastung im irdischen Klimasystem. Dies widerspricht direkt der kommunizierten Absicht einer Begrenzung des Temperaturanstiegs! Eine derartige Produktionserhöhung gibt es bei jeder neuen höher absorbierenden Fläche. Dazu gehören selbstverständlich alle Solarkollektoren, die eine höhere Absorption aufweisen, als der ursprünglich vorhandene Absorptionsbereich (Boden, Vegetation, Grasflächen etc.). Auch der Straßenbau sowie andere technische Maßnahmen haben die Absorptionsrate für Solarenergie erhöht. Diese Entwicklung höherer Absorptionsraten korreliert mit den CO₂-Emissionen durch die industrielle Revolution, stellt aber eine eigenständige und massive klimarelevante Änderung der Umwelt dar.

2.) **Grundgesetz zur Umverteilung:** der Gewinn des einen ist immer gleichzeitig auch der Verlust des anderen! Wenn einer mehr hat, hat der andere weniger. Wenn ich wo etwas wegnehme ist es dann dort zwar nicht mehr, aber sicher irgendwo anders. Dieses Grundgesetz hat überall wo es um Energie bzw. Arbeit geht seine Gültigkeit. Es beruht auf dem einfachen Grundprinzip, dass in der physikalischen Welt ein aus dem Nichts schöpferischer Akt dem Menschen völlig verwehrt ist. Dieses Grundgesetz beschreibt den physikalischen Zusammenhang aller Energieträger und Energieströme. Es ist sozusagen eine Kombination der Erhaltungssätze für Energie und Masse mit der Äquivalenz von Energie und Masse in der Relativitätstheorie. Die Physik hat diese Naturgesetze heute mathematisch formuliert und als Gleichungen aufgeschrieben. Dieses fundamentale Naturgesetz ist aber als Erfahrungstatsache im Wirtschaftssystem seit Jahrtausenden bekannt. Es beschreibt die Begrenztheit des menschlichen Tuns. Denn der schöpferische

Akt des Menschen ist darauf beschränkt vorhandenes zu nutzen, es ggf. zu zerlegen und dann neu zu kombinieren. Da, mit Ausnahme des Reflexionsanteils, sämtliche auf die Erde eintreffende Solarenergie bereits genutzt wird, bedeutet eine Umverteilung der solaren Energieströme auch einen Eingriff in die bisherigen Nutzungsprozesse. Diese sind die Vielfalt des irdischen Lebens (Biosphäre) sowie das Klimageschehen. Die Energiewende greift in diese Prozesse ein und stört und zerstört dabei die bisher existierende Biosphäre und die naturgegebenen Klimavorgänge. Die Energiewende verursacht damit selbst jene Probleme, die sie vorgibt zu lösen.

Diese beiden fundamentalen Regeln zur Produktionserhöhung und zu Umverteilungsprozessen beschreiben jede Art von Wirtschaft als Ergebnis von Arbeit völlig ausreichend.

Wenn wir die Folgewirkungen aus falschen Umverteilungsprozessen vermeiden wollen, müssen wir uns immer Gedanken über die Gesamtheit der möglichen Nebenwirkungen unseres Tuns machen. Dies bedeutet vor allem die Begrenztheit der schöpferischen Fähigkeiten des Menschen zu berücksichtigen und sich bei Umverteilungsprozessen immer aller Nebenwirkungen bewusst zu sein.

Die Folgen umverteilter Energieströme können nicht einfach vernachlässigt werden! Sie haben Einfluss auf das irdische Klima, aber auch auf das zwischenmenschliche Klima. In beiden Fällen geht es letztlich um die Grundsubstanz des Lebens, um Energie oder die Fähigkeit Arbeit zu verrichten.

In Zusammenhang mit der Nutzung sogenannter „erneuerbarer Energie“ bedeutet dies zuerst immer zu fragen und zu untersuchen, ob die geplante Maßnahme anderes Leben schädigt oder nicht. Da „erneuerbare Energie“ direkt in den laufenden solaren Energiestrom eingreift, muss es naturgemäß zu Nebenwirkungen auf das sonstige aktuelle Leben und Klima kommen.

Jede Änderung im hochsensiblen System des irdischen Klimas und der Biosphäre gefährdet die Stabilität des Gesamtklimas und des Lebens auf unserem Globus. Falsch verstandener Klimaschutz könnte damit zum direkten Weg in die Klimahölle werden. Dies gilt nicht nur für die Frage der Treibhausgase, sondern für alle

betroffenen Elemente des Klima- und Lebenssystems. Daher sind auch immer alle Energieströme und deren Wirkungen zu beachten!

Es ist daher völlig unmöglich, dass die vermehrte Nutzung des aktuellen solaren Energiestroms ohne Nebenwirkungen auf das aktuelle Leben und das derzeitige Klima bleibt. Die Nutzung erneuerbarer Energie erfolgt daher immer unter Beeinträchtigung des aktuellen Lebens und/oder Klimas.

Der Energieerhaltungssatz ist ein allgemein gültiges Naturgesetz, das alle Formen physikalischer Arbeit umfasst. Leider ist der mögliche negative Einfluss nicht nur auf die Frage der direkten Nutzung der Solarenergie beschränkt. Er betrifft ebenso andere erneuerbare Energieformen, die in der Energiewende forciert werden.

Dazu ist es erforderlich in den weiteren Kapiteln nun noch andere Arten erneuerbarer Energie bzw. der Energieeffizienz zu diskutieren. Danach werden wir zur Frage der Nutzung von Solarenergie noch weitere Analysen präsentieren.

Ende dieses Abschnitts

**Fortsetzung der Studie
im nächsten Download-Abschnitt**

**Bitte beachten Sie auch die
anderen Teile, denn diese enthalten ggf.
wichtige Hinweise und Zusatzinformationen
die auch für den hier vorliegenden
Abschnitt relevant sein können**