Der Energiedetektiv®

deckt auf!

Ermittlungsakte Energiewende

www.energiedetektiv.com

© Ingenieurbüro DI Jürgen A. Weigl 2018

Der Energiedetektiv deckt auf

Jürgen A. Weigl

Energiewende

Nebenwirkungen auf Klima und Umwelt

Der Energiedetektiv®

Eine Studie erstellt vom Ingenieurbüro DI Jürgen A. Weigl

Senior-Consultant des „Der Energiedetektiv“ Franchise-Systems

2018

www.energiedetektiv.com www.energieauditor.at

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.

Der Energiedetektiv®

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

Download - TEIL 3

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.energiedetektiv.com

Überlegungen zum Tatort

Windenergie

Überlegungen zum Tatort Windenergie

9 Nebenwirkungen im Klimaschutz - Windenergie
9.1 Klima ist Wärme, Kälte, Wasser und Luft
9.2 Was ist Wind?
9.3 Luftbewegung und Kühlung
9.4 Die Nutzung von Windenergie
9.4.1 Geblendet durch die großen Dinge?
9.4.2 Beobachten und Dokumentieren – eine Anregung
9.5 Windenergie und die fehlende Kühlleistung
9.6 Wärmetransport und Überhitzung - wenn die Kühlung nicht reicht
9.7 Notkühlung- wenn die Konvektion nicht reicht
9.8 Wasser – das perfekte Mittel für ein stabiles Klima
9.8.1 Wasser als Kältemittel
9.8.2 Wasser ist Klimamittel und Lebensmittel
9.8.3 Siedepunkt, Verdampfung und Verdunstung
9.8.4 Gefrierpunkt – wenn es eisig wird
9.8.5 Kondensation
9.9 Der Wind und das Klimamittel Wasser
9.10 Windenergie und Windchill
9.11 Lebenswichtiger Kühleffekt bei Tieren
9.12 Windenergie in Offshore-Anlagen und Klimaeffekte
9.13 Die Dichteanomalie – garantiertes Leben auch bei Kälte
9.14 Eis, Schnee und Raureif
9.15 Eis, Schnee und ein wenig Zeitgeschichte
9.16 Beobachtungen am winterlichen Boden
9.17 Die Wärme des Bodens
9.18 Die Relation zwischen Windenergie und Geothermie
9.19 Zusammenfassung unserer Vorbehalte zur Windenergie
9.20 Eine Illusion und das Gleichnis der spanischen Senorita

9 Nebenwirkungen im Klimaschutz - Windenergie

9.1. Klima ist Wärme, Kälte, Wasser und Luft

Wir versuchen heute, sogenannte „erneuerbare Energien“ einzusetzen, um die Welt vor einem drohenden Klimawandel zu retten. Dies weil angenommen wird, dass die Verbrennung von fossilen Brennstoffen den Treibhauseffekt verstärkt. Ein Temperaturanstieg wird in Zusammenhang mit Kohlendioxid als Treibhausgas angenommen. Die Zielsetzung ist nun einen Temperaturanstieg durch Vermeidung fossiler Energieträger zu verhindern. Damit soll das Weltklima stabilisiert werden. Man versucht also sozusagen die Klimaanlage der Erde zu regulieren.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, einmal zu verstehen, dass eine Klimaanlage immer aus mehreren Bereichen besteht. Dabei ist es egal, ob es sich um das Klima in der irdischen Biosphäre oder um das Raumklima in einem Vortragsaal auf der Universität handelt.

Im Prinzip ist die Aufgabe der entsprechenden Klimaanlage gleich. Es wird versucht für das Leben angenehme Umgebungsbedingungen herzustellen. Dazu braucht man zwei getrennte Bereiche: einerseits eine Wärmeversorgung um die Temperatur im angenehmen Bereich halten zu können, wenn es draußen zu kalt ist. Andererseits benötigt man auch eine Kälteanlage. Diese dient zur Kühlung, um zu große Wärme von dem Ort wo sie unerwünscht ist, zu einem Ort zu transportieren, wo sie nicht mehr stört. Klima entsteht damit immer im Zusammenspiel zwischen Wärmeversorgung und Kühlung.

Während man vor wenigen Jahrzehnten noch eine Eiszeit vorhersagte, wird jetzt ein zu hoher Temperaturanstieg befürchtet. Diese Prognose eines zu raschen und zu hohen Temperaturanstiegs dient als Rechtfertigung für die derzeitigen Klimaschutzbemühungen. Die Menschheit versucht derzeit eine prognostizierte Erwärmung zu verhindern. Dazu will man ein Ansteigen der Treibhausgase verhindern. Denn als Ursache für den Temperaturanstieg vermutet man Treibhausgase. Insbesondere CO_2 würde zur Erwärmung beitragen, da es eine Abstrahlung von Wärme behindert. Es wirkt dabei wie eine Art Wärmedämmung.

Nun gibt es bei Gebäuden zwei Methoden um in den Innenräumen einen Temperaturanstieg zu erreichen. Eine zusätzliche Wärmedämmung wäre eine Variante. Wenn man dann die Heizung weiter gleich stark betreibt, wird es natürlich etwas wärmer im Inneren. Die zweite Variante wäre allerdings einfach die Heizung weiter aufzudrehen. Dann muss man nicht einmal die Wärmedämmung verbessern. Eine höhere Heizleistung reicht aus, um dann ein angenehmeres, wärmeres Klima zu haben.

Nun haben wir in den vorhergegangenen Kapiteln dieser Studie gesehen, dass die großtechnische Nutzung von Solarenergie den Treibhauseffekt bzw. den Temperaturanstieg verstärken könnte. Es kommt zwar zu keiner Verbrennung mit CO_2-Emissionen. Die technische Nutzung der Solarenergie hat jedoch direkten Einfluss auf den Treibhauseffekt in zumindest folgenden Bereichen:

- die höhere Wärmeabsorption an dunklen Flächen erhöht den Wärmeeintrag im bodennahen Bereich
- der exponentielle Anstieg der Wärmestrahlung fördert direkt den Treibhauseffekt bzw. die „Gegenstrahlung“ in Treibhausgasen wie CO_2.

Die direkte Wärmebelastung der Luft im bodennahen Bereich wird allerdings auch erhöht. Gleichzeitig wird die ausgleichende Funktion der Nahrungskette und der Verdunstung geschwächt.

Dies sind die Gründe, warum wir bei unseren Schlussfolgerungen davon ausgehen, dass die direkte Nutzung der Solarenergie insbesondere über Vegetationsflächen den Klimawandel nicht abwendet sondern sogar fördert. Ganz ohne CO_2-Emissionen kommt es damit zu einem Temperaturanstieg in der Atmosphäre. Ganz einfach deshalb, weil eine Solaranlage eben auch Emissionen verursacht. Die schädliche Emission von Solaranlagen ist dabei die Wärmeabgabe an die Atmosphäre.

Somit wird eigentlich durch die geänderte Nutzung der Solarenergie die direkte Wärmezufuhr in das Klimasystem Atmosphäre erhöht. Wie wir gesehen haben, verschärfen mehrere Faktoren diesen Effekt. Weiter unten werden wir in getrennten Kapiteln weitere zusätzliche Faktoren kennenlernen.

Nun ist die Wärmeversorgung in einer Klimaanlage nur die eine Seite. Die andere Seite ist die möglichst gleichmäßige Verteilung der Wärme. Dies erfolgt über das Lüftungssystem. Wenn es zu warm wird, dann braucht man bei einer Klimaanlage auch einen Teil, der für die nötige Kühlung sorgt und Wärme abtransportiert.

Wenn nun in einem Gebäude die Wärmezufuhr aus dem Ruder läuft und nicht so schnell reduziert werden kann, wäre es wohl das dümmste die Lüftungsanlage auszuschalten. Denn diese sorgt zumindest für eine möglichst gleichmäßige Verteilung. Noch dümmer wäre es allerdings die Kältemaschine abzuschalten, die dafür sorgt, dass die zu große Wärme nach außen abtransportiert wird. Kein vernünftiger Ingenieur würde also folgende beiden Schritte gleichzeitig empfehlen:

- Heizung aufdrehen – mehr heizen!
- Lüftung und Kältemaschine reduzieren!

Denn das wäre wohl die Garantie für einen raschen weiteren Temperaturanstieg in sehr ungemütliche Bereiche.

Leider müssen wir feststellen, dass gerade das offenbar in Zusammenhang mit der Energiewende passiert. Mit großflächigen Solaranlagen wird der bodennahe Wärmeeintrag erhöht, während gleichzeitig die Nutzung der Windenergie in das „Lüftungs- und Kältesystem“ eingreift. Dies ist zumindest unser Eindruck der von mehreren unserer Analysen und Überlegungen unterstützt wird.

Es erscheint uns daher dringend notwendig dieser Frage öffentlich zur Diskussion zu stellen. In den folgenden Abschnitten wollen wir unsere Argumente für diese These näher erläutern.

9.2. Was ist Wind?

Wind ist nichts anderes als die Bewegung von Luft, um die unterschiedlichen Zustände der Luft in verschiedenen Bereichen auszugleichen. Es handelt sich bei Wind also um eine Strömung, die versucht einen möglichst ausgeglichenen energetischen Zustand herzustellen.

Hauptursache für Wind sind räumliche Unterschiede der Luftdruckverteilung. Dabei bewegen sich Luftteilchen aus dem Gebiet mit einem höheren Luftdruck – dem Hochdruckgebiet – solange in das Gebiet mit dem niedrigeren Luftdruck – dem Tiefdruckgebiet –, bis der Luftdruck ausgeglichen ist [9-1]. Der wesentlichste Faktor für Luftdruckunterschiede ist die Temperatur bzw. die Erwärmung der Luft.

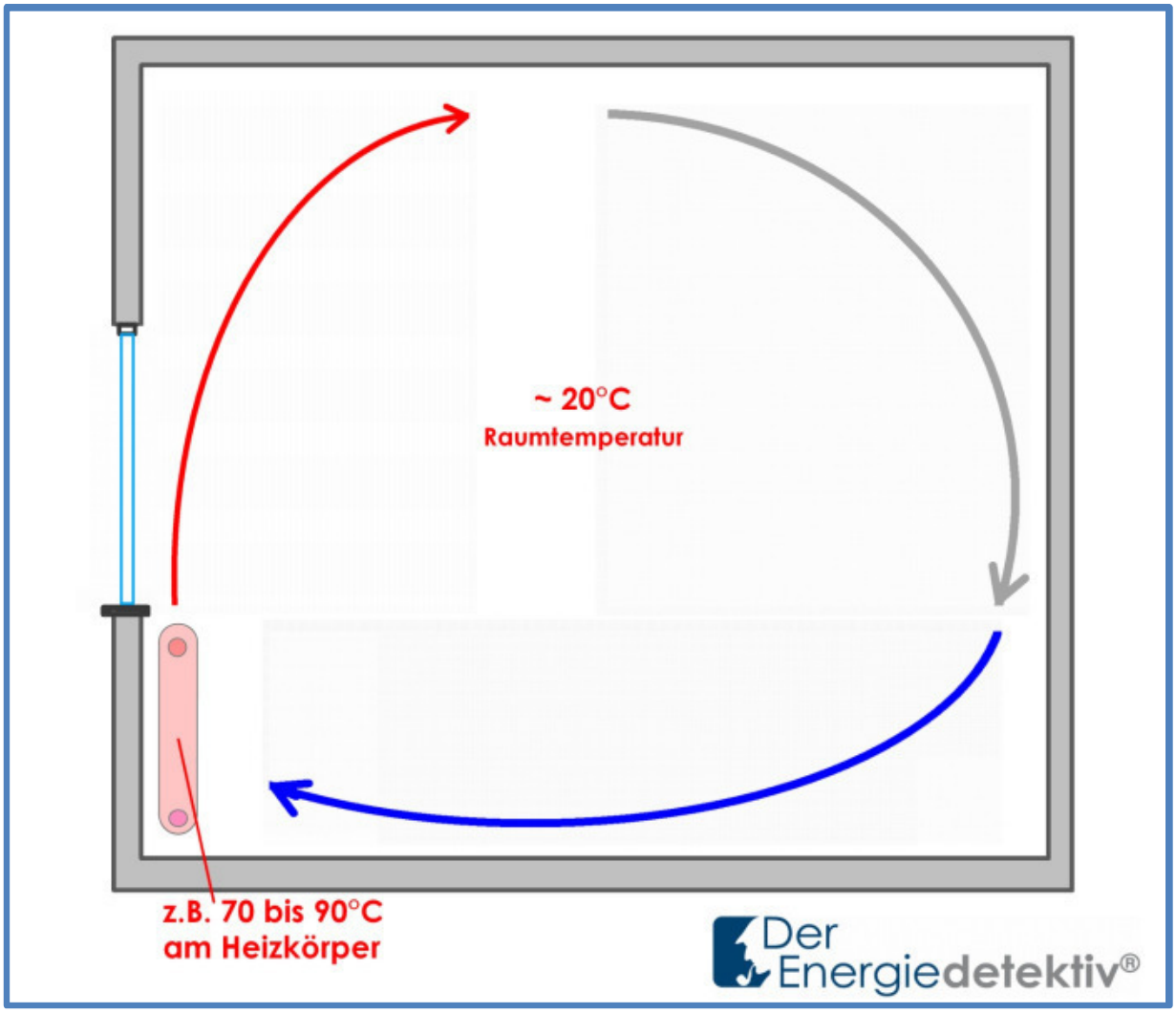

Bild 9-1: Die natürliche Luftzirkulation in einem Raum mit stark erwärmtem Heizkörper sorgt für eine ausgeglichene Wärmeverteilung. Vergl. auch [9-2]

Warme Luft steigt bekanntlich auf, kalte Luft fällt zu Boden. Die ausgleichende Funktion einer Luftströmung kennen wir auch in Form der natürlichen Luftzirkulation in einem beheizten Raum. So zeigt Bild 9-1 die natürliche Luftzirkulation in einem beheizten Raum. Unterhalb des Fensters befindet sich ein Heizkörper mit relativ hoher Temperatur. Die warme Luft steigt auf und zirkuliert über die Decke in den rückwärtigen Raumbereich. Dabei wird Wärme abgegeben. Die kältere Luft fällt zu Boden und wird dann zum Heizkörper gezogen und dort wieder erwärmt. Auf diese Art und Weise sorgt die Luftströmung dafür, dass im Raum eine relativ ausgeglichene Temperatur herrscht. Diese ist in diesem Bild in Raummitte mit +20°C angegeben, während der Heizkörper eine Temperatur von +70°bis 90°C aufweist.

Bild 9-2: Die Luftzirkulation an einem Heizkörper wird manchmal anhand von Ablagerungen an einer hellen Wand sichtbar. Ebenso erkennbar der Einfluss der menschliche Konstruktion „Holzplatte“ auf das natürliche Strömungsverhalten

Die Luftzirkulation ist damit ein Element des Wärmetransports und sorgt für eine ausgeglichene Wärmeverteilung im Raum. Manchmal kann man diese Luftströmung recht schön beobachten. So zeigt Bild 9-2 den Strömungsverlauf oberhalb eines Heizkörpers. Dunklere Ablagerungen an der hellen Wand lassen die Wärmebewegung erkennbar werden.

Der Wärmetransport erfolgt dabei in den unterschiedlichen Gasen der Luft. Die Feuchtigkeit der Luft, also der enthaltene Wasserdampf, ist ein wesentlicher Faktor bei diesem Wärmetransport. Die Feuchtigkeit der Luft entscheidet im Übrigen auch über das Wohlbefinden des Menschen in einem beheizten Raum. So ist trockene Luft auch bei hohen Temperaturen ertragbar. Sobald aber die Luftfeuchtigkeit steigt, wird die Wärmebelastung des Körpers rasch größer. Das kennt jeder, der schon einmal eine Sauna besucht hat. Das persönliche Temperaturempfinden von Menschen wird nicht nur durch die Temperatur sondern auch durch die Luftfeuchtigkeit bestimmt. Letztlich stellt der menschliche Körper damit den Energiezustand seiner Umgebung fest und nicht so sehr den Temperaturwert.

In ähnlicher Weise kann man sich nun auch den Wärmetransport in einem Treibhaus vorstellen. Statt der Heizkörper sind nun unterschiedliche Absorptionsflächen vorhanden. An dunklen Flächen erwärmt sich der Boden stärker. Der warme Boden gibt diese Wärme ab. Dabei strahlt er auch zunehmend Infrarotstrahlen ab, die an den Glasflächen reflektiert werden. Die Luft im Glashaus erwärmt sich. Wärmequelle ist dabei primär der Boden als Absorptionsfläche. Die warme Luft steigt dann auf und transportiert dabei Wärme an die umgebenden Glasflächen. Diese werden durch Konvektion erwärmt. Die warmen Glasflächen können dann die Wärme an die kältere Umgebung abgeben. Der Treibhauseffekt ist also mit einer Änderung des Wärmetransports nach außen verbunden. Die Luftströmung ist dabei von essentieller Bedeutung für die Energieverteilung.

In Analogie zu einem einfachen Glashaus kann man daher die wesentlichen Verhältnisse im Treibhaus Erde verstehen. Wir haben versucht dies in Bild 9-3 schematisch darzustellen. Das Klimasystem besteht dabei aus einer externen Energiequelle. Dies ist die Sonne. Das Sonnenlicht führt zu unterschiedlicher Erwärmung aufgrund unterschiedlicher Bodengestaltung. Die Wärme kann nun über Strahlung an Treibhausgase abgegeben werden. Aber der der Wärmetransport

erfolgt auch auf andere Wege. Die unterschiedlichen Temperaturverhältnisse führen zu einer Luftzirkulation. Diese Luftströmungen versuchen eine möglichst ausgeglichene Temperaturverteilung durch Konvektion zu erreichen. Diese Luftzirkulation entscheidet daher wesentlich über die Energieverteilung, insbesondere über die Temperaturen im Bodenbereich. Die Wärmeabgabe bzw. der Energietransport nach außen in den leeren Weltraum erfolgt ausschließlich über Wärmestrahlung. Dies ist hier in Form der nach außen gerichteten Pfeile an der Glaswand angedeutet. Allerdings handelt es sich nicht um eine durchgängige Schicht wie bei einer Glasplatte. Stattdessen erfolgt eine Wärmeabgabe über alle Wärmequellen mit der Möglichkeit Strahlung zu emittieren. Das betrifft den Bodenbereich ebenso wie die Treibhausgase.

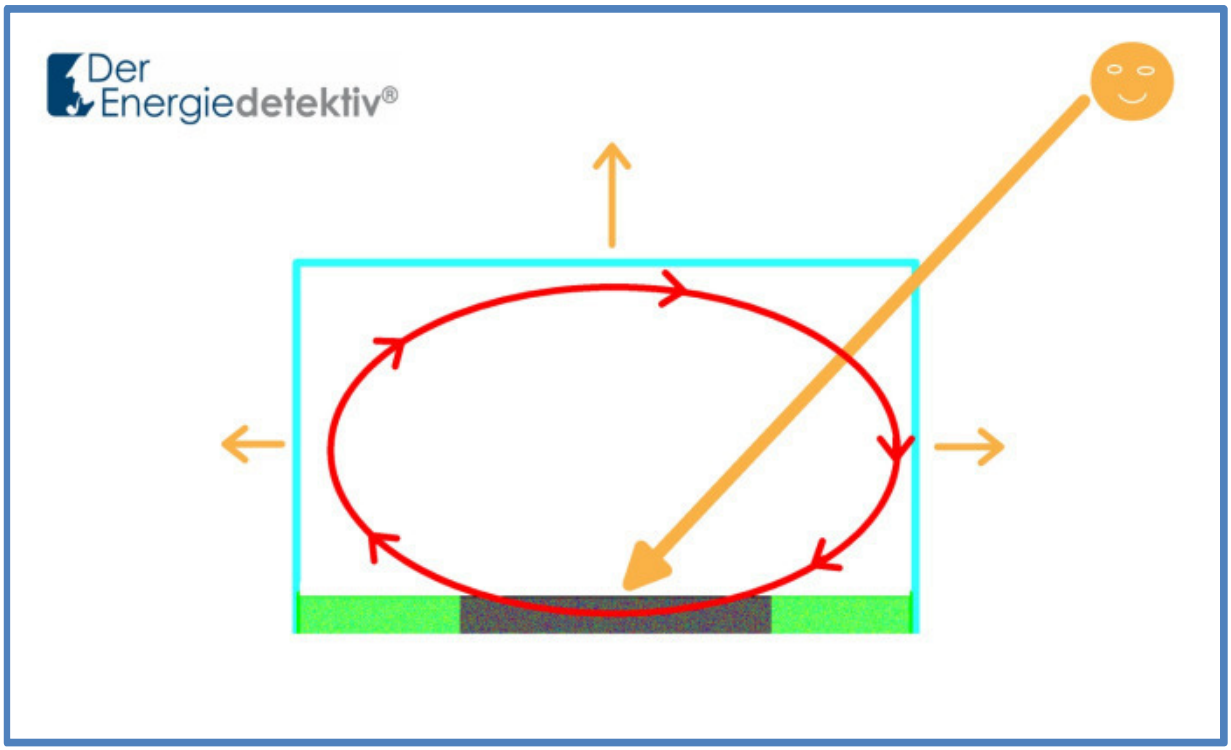

Bild 9-3: schematische Darstellung zur Luftzirkulation im Treibhaus

Die unterschiedlichen Bodenverhältnisse haben wir versucht durch die Farbgebung in Bild 9-3 anzudeuten. Wie wir in den vorhergehenden Kapiteln bereits gesehen haben, kommt es zu sehr unterschiedlichen Temperaturverhältnissen am Erdboden.

9.3. Luftbewegung und Kühlung

Die scheinbar selbständige Bewegung der Luft wird hervorgerufen, durch das Bestreben der Natur einen energetisch möglichst ausgeglichenen Zustand zu erreichen. Damit hat die Luftbewegung das Ziel die eingestrahlte und absorbierte Sonnenenergie möglichst gleichmäßig zu verteilen.

Genau dies tut der Wind. Egal ob es sich um lokale Luftströmungen oder um großräumige Winde handelt. Der Wind ist der natürliche Versuch eine möglichst gleichmäßige Energieverteilung zu erzielen. Durch Luftbewegung erfolgt ein konvektiver Energietransport um einen besser ausgeglichenen Zustand zu erreichen. Wind ist damit Teil des natürlichen Umverteilungsprozesses im Klimasystem.

Die Kühlfunktion von Luftströmungen ist jedermann bekannt. In zahlreichen Geräten sind Lüfter eingebaut. Diese sorgen dafür, dass die Abwärme aus technischen Anlagen rasch abtransportiert wird. So wird ein Überhitzen vermieden. Wir kennen alle die kleinen Lüfter, die z.B. in einem Computer eingebaut sind (Bild 9-4).

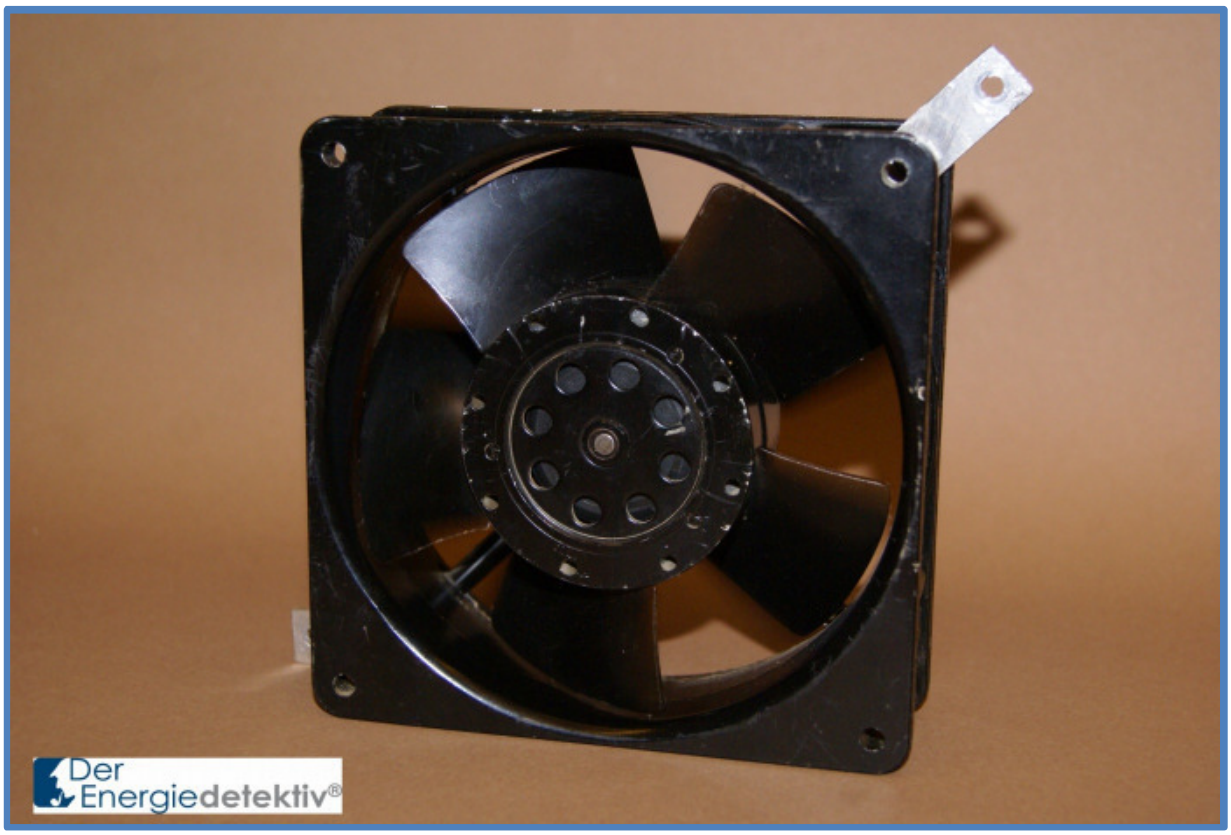

Bild 9-4: elektrischer Lüfter mit Motor

Mit relativ kleiner elektrischer Leistung erzeugen sie jene Luftbewegung, die sicherstellt, dass die empfindliche Elektronik nicht aufgrund eines Wärmestaus kaputt geht. In Bild 9-5 ist beispielsweise die Abwärme aus einem PC zu sehen. Die warme Luft wird an der Hinterseite durch einen Lüfter ausgeblasen und erwärmt dann einen Vorhang.

Bei trockener Luft ist der mögliche Kühleffekt durch die Luftströmung bestimmt. Das Luftvolumen, das pro Zeiteinheit über die zu kühlenden Flächen streicht, entscheidet den Kühleffekt. Der erzielbare Temperaturunterschied hängt somit von der Luftmenge ab.

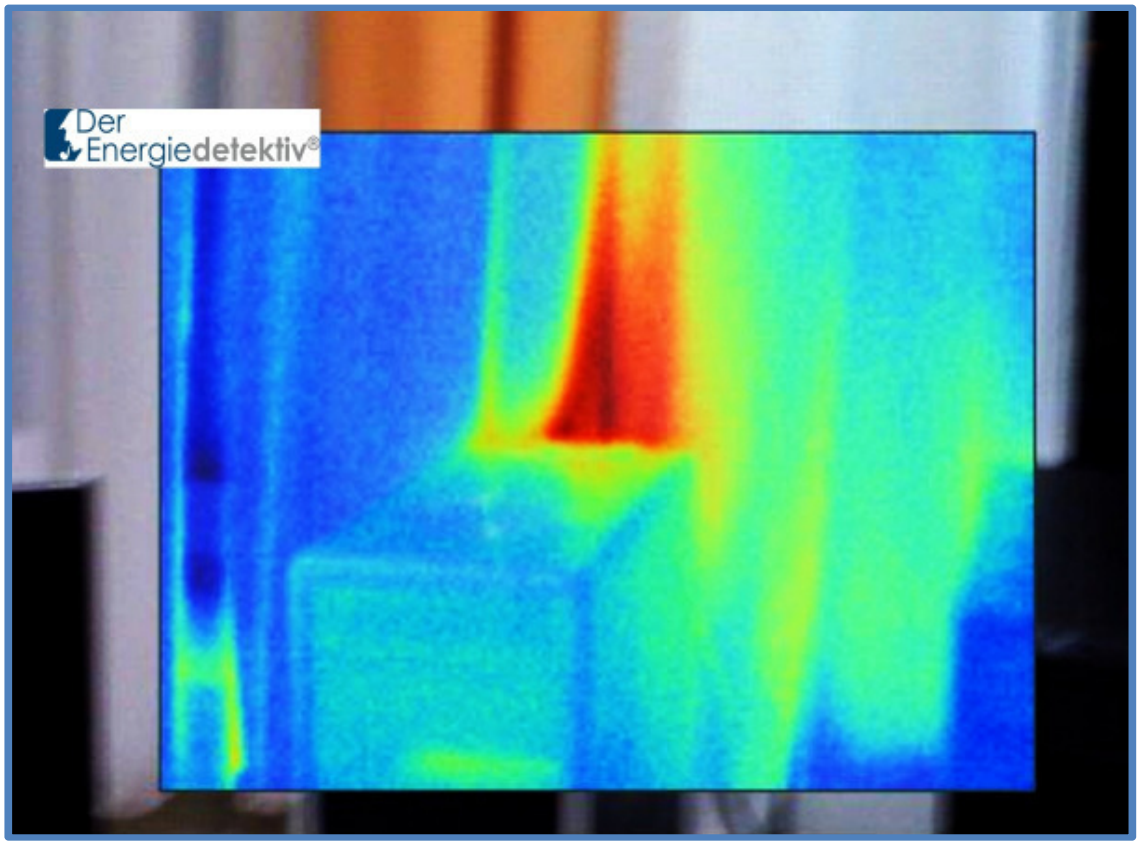

Bild 9-5: bei diesem Computer führt zur Kühlung der sensiblen Elektronik der Lüfter an der Rückseite die Wärme ab. Der warme Luftstrom erwärmt dann einen Vorhang hinter dem Computer was im Wärmebild erkennbar wird

Damit bestimmt die Luftgeschwindigkeit, die der Lüfter erzielen kann, den Kühleffekt. Bei elektronischen Anlagen berechnet man daher den nötigen Luftstrom und bestimmt dann die Leistung des Motors. Will man einen hohen Kühleffekt erreichen, braucht man mehr Antriebsleistung, um mehr Luftgeschwindigkeit zu erzielen.

9.4. Die Nutzung von Windenergie

Bei der Nutzung von Windenergie geht man nun den umgekehrten Effekt. Man entnimmt der Luftströmung jene Energie, die dann einen Generator antreibt. Dieser Generator erzeugt elektrischen Strom, der über Leitungen an andere Orte transportiert wird.

Damit erfolgt ein direkter Eingriff in das Klimageschehen auf Erden. Die Tatsache, dass dies zu einer Klimaveränderung führt, beruht wieder auf dem wesentlichsten Grundgesetz der Ökonomie und Ökologie. Es ist dies der Energieerhaltungssatz. Energie wird in einem Windrad nicht gewonnen, sondern lediglich umgeformt. Es ist dem Menschen schlicht und einfach nicht möglich, Energie zu erzeugen. Er kann den Energiefluss nur verändern.

Unsere Argumentation beginnt daher auch hier mit dem Energieerhaltungssatz. Wenn wir Energie an einer Stelle entnehmen, fehlt sie dann an jener Stelle, wo sie bisher ihre Arbeit verrichtet hat. Im Falle der Windenergie betrifft dies direkt das irdische Kühlsystem.

Die kinetische Energie der Luft ist dabei die Antriebsenergie. Sie treibt bisher die Kühlprozesse bzw. natürlichen Ausgleichsprozesse im Klimasystem an. Nun wird sie allerdings für die Windkraftmaschinen genutzt. Die kinetische Energie des Windes wird in elektrische Energie umgewandelt.

Damit wird Energie nun anders umverteilt. Denn die elektrische Energie wird aus der Energie des Windes entnommen. Die entnommene Energie wird dann an andere Orte transportiert und dort genutzt. Das kann ein Industriebetrieb in 1.000 km Entfernung oder nur die nächste Stadt sein. Am Ort der Nutzung der elektrischen Energie wird diese letztlich wieder in Wärme umgewandelt.

Die entnommene Energie führt damit punktuell zu einer Erhöhung der Wärmebelastung über die Nutzenergie. Dies ist typischerweise in stärker besiedelten Bereichen mit deren hohen Energiebedarf der Fall. Das bedeutet, in meist bereits thermisch belasteten städtischen Regionen wird die Windenergie wieder zu Wärme.

Andererseits führt die Energieentnahme aus der Luftströmung auch zu einer Verringerung der Kühlleistung im Strömungsbereich der Luft. Die Luftgeschwindigkeit ist nach der Energieentnahme geringer. Damit ist auch die Kühlleistung geringer. In den überströmten Bereichen nach der Energieentnahme wird somit der Wärmetransport verändert. Da die Windgeschwindigkeit reduziert wird, wird der Kühleffekt reduziert. Bereiche mit reduziertem Kühleffekt werden dann wärmer bleiben.

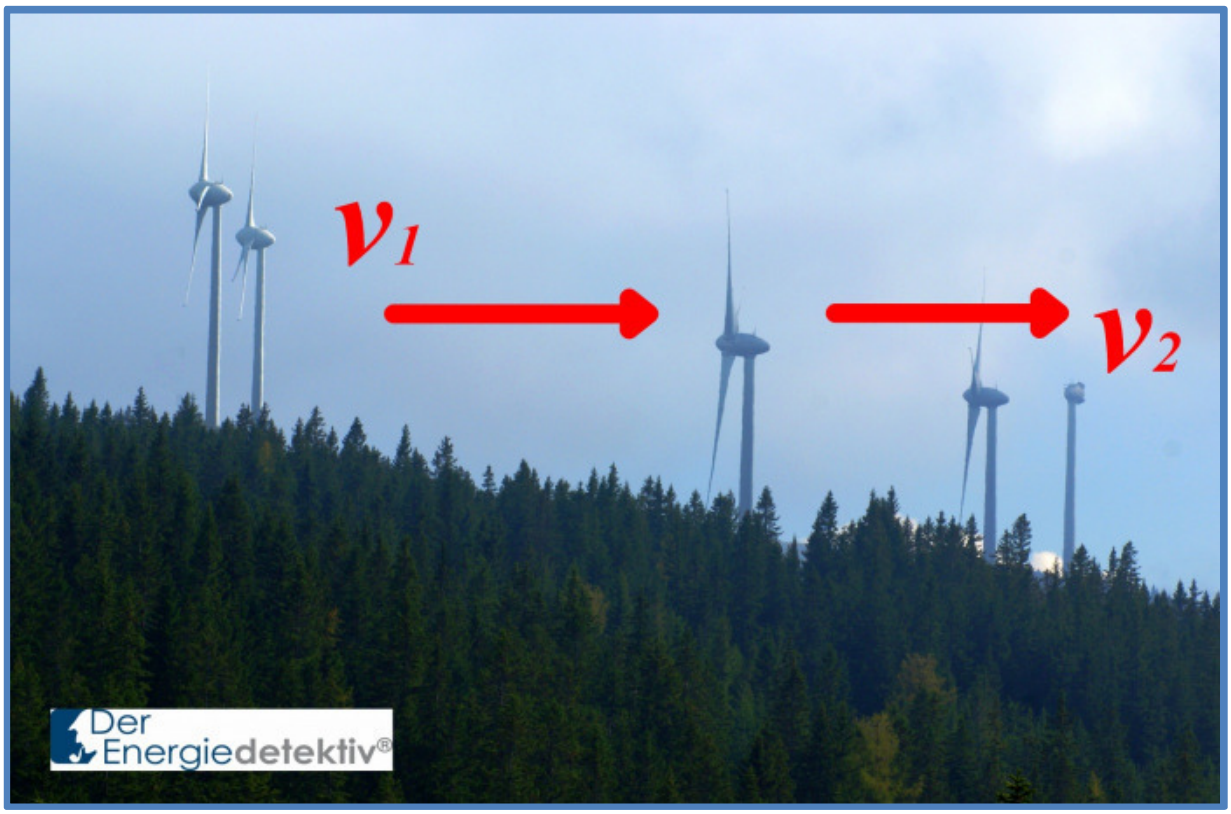

Bild 9-6: Bei der Windenergie wird kinetische Energie der Luftströmung in elektrische Energie umgewandelt. Damit ist nach einem Windrad die Luftgeschwindigkeit kleiner und die kinetische Energie der Luftströmung geringer

Die Energieentnahme aus dem Wind hat damit natürlich Auswirkungen auch in Hinsicht auf das Klima. Denn der Wind ist Teil des irdischen Klimasystems. Dieser willkürliche Eingriff müsste daher zu einer anderen klimatischen Verteilung führen. Der natürliche Energieaustausch ist geändert. An manchen Stellen fehlt nun ein Teil der Kühlleistung. An anderen Punkten trägt die dem Wind entnommene Energie letztlich zur Erwärmung im Zuge der Energienutzung bei.

Global betrachtet hat sich die Energiemenge nicht verändert. Sie wurde nur anders verteilt. Jede Umverteilung hat aber Gewinner und Verlierer! Gewinner sind jene Nutzer, die nun die erzeugte elektrische Energie für ihre Zwecke nutzen können. Verlierer sind jene Gegenden, in denen die Kühlfunktion des Windes nun fehlt. Es ändern sich in kleinem Maßstab die lokalen Klimawerte.

Man könnte nun vielleicht sagen, dass dies keine wirkliche Rolle spielt. Die Änderungen seien so minimal, dass man sie wohl gar nicht feststellen könne. Dieses Argument ist sehr beliebt und wurde auch schon bei der Kernenergie in ähnlicher Weise verwendet. Da handelt es sich auch um minimalste Stoffmengen! Letztlich zeigt aber die Erfahrung, dass jede großtechnische Nutzung über kurz oder lang Probleme nach sich zieht.

Neben den Folgen der Kernenergie sei hier nur auf das Thema Asbest verwiesen. Asbesthaltige Materialien wurden ursprünglich auch als technische Lösung im Bauwesen angepriesen. Später mussten die Schäden aber mit großem Aufwand saniert werden. Es gibt zahlreiche Präzedenzfälle bei denen vorher niemand im Entferntesten an Nebenwirkungen dachte. Erst später, nach eingetretenem Schaden war man dann klüger und musste neue Wege finden.

Die Frage, ob es durch die Entnahme von kinetischer Energie aus dem Wind zu klimatischen Veränderungen kommt, ist klar mit ja zu beantworten. Dies ergibt sich einfach aus dem Energieerhaltungssatz. An der Stelle der Energieentnahme, also beim Windrad oder Windpark, wird die Windgeschwindigkeit verringert. Damit ist auch die weitere mögliche Kühlleistung reduziert. Eine energetische Umverteilung bedeutet immer auch eine klimatische Umverteilung. Dabei ist es völlig egal, um welche Art der Energieumformung es sich handelt. Die Frage, ob die klimatischen Änderungen für den Menschen merkbar sind, ist jedoch eine andere. Bei einem einzelnen, kleinen Windrad ist dies wahrscheinlich nicht feststellbar. Bei einer großen Zahl an Windrädern und einer langen Beobachtungsdauer ist dies schon viel wahrscheinlicher. Hier ist davon auszugehen, dass Änderungen im Landschaftsbild mit zunehmender Beobachtungszeit erkennbar werden. Oberflächen, die durch die geringere Windgeschwindigkeit betroffen sind, müssten sich in Hinblick auf Temperatur und Wasserhaushalt ändern. Dies würde dann wohl auch die Vegetation betreffen und in der Folge die weitere Nahrungskette. Insgesamt wird auch eine

geografische Änderung der Energieverteilung erfolgen. Hinter dem Windrad ist nun weniger Energie in der Luftströmung enthalten. Die entnommene Energie wird an anderer Stelle elektrisch genutzt.

Bild 9-7 der großflächige Einsatz von Windparks verändert vermutlich auch das kleinräumige Klima. Die entnommene Energie fehlt im bodennahen „Kühlsystem“ und könnte Bodentemperatur und Wasserhaushalt ändern.

Die natürliche Luftströmung zum Ausgleich von unterschiedlichen energetischen Zuständen der Atmosphäre wurde also beeinträchtigt. Die Umverteilung der Energie führt dann zu geänderten Ausgleichsströmungen. Mit anderen Worten, die Natur versucht wieder einen möglichst ausgeglichenen Zustand der Energieverteilung herzustellen. Wir vermuten daher, dass es zu anderen Luftströmungen also Windbewegungen kommt. In diesem Zusammenhang fällt auf, dass zunehmend in den Medien von bisher kaum in Mitteleuropa beobachteten Windhosen oder Tornados berichtet wird. Ob hier ein ursächlicher Zusammenhang besteht, ist für uns allerdings nicht klar, wird weiter unten aber noch diskutiert (Bild 9-10 bis 9-12)..

Wie rasch Änderungen durch Windkraft im Kleinklima messtechnisch nachgewiesen werden können, dürfte von mehreren Umständen abhängen. In diesem Zusammenhang sei an die Feinstauproblematik erinnert. Feinstaub gab es letztlich schon immer. Die messtechnische Erfassung mit ausreichender Auflösung ist jedoch erst seit relativ kurzer Zeit möglich. Es dürfte daher nur eine Frage der Aufmerksamkeit, Messtechnik und konsequenten Beobachtung sein, bis Berichte zu lokalen Veränderung mit schlüssigen Nachweisen vorliegen.

9.4.1 Geblendet durch die großen Dinge ?

Der prinzipielle Irrtum der Menschheit ist, dass wir voller Begeisterung über die eigene Erkenntnis und technische Leistungsfähigkeit auf die möglichen Nebenwirkungen vergessen. Der eigene Nutzen steht im Vordergrund und lässt uns den damit verbundenen Schaden nicht wahrnehmen.

Man denkt in großen Dimensionen und vergisst auf die Nebenwirkungen. Man unterschätzt sie, man kann oder will sie lange nicht wahrnehmen. Warnende Stimmen die auf kleine Nebenwirkungen hinweisen, werden überhört oder beiseite geschoben oder gar bewusst unterdrückt.

Dabei sind kleine Nebenwirkungen oft die Ursache der nächsten Katastrophe. Das beweisen bisher alle Arten der Energienutzung. Von der Nutzung fossiler Brennstoffe bis zur Kernenergie ist evident, dass die dadurch verursachten Nebenwirkungen anfangs nicht bedacht wurden.

Nichts anderes passiert heute auch in Zusammenhang mit der Nutzung „erneuerbarer Energie“. Dazu gehören wohl auch Fragen in Zusammenhang mit der Windenergie. Vor lauter Begeisterung macht man sich keine Gedanken über potentielle Nebenwirkungen oder unterschätzt diese völlig.

So gibt es Studien, die zu dem Schluss kommen, dass die Nutzung der Windenergie zu keinen wesentlichen negativen Auswirkungen führen würde. In [9-3] wird eine Studie der Stanford Universität [9-4] zitiert, nach der es möglich wäre den gesamten Weltenergiebedarf aus Windkraft zu decken. Dabei würde sich der Energiegehalt der unteren Luftschicht um circa 0,007 % verringern. Dies sei jedoch mindestens eine Größenordnung kleiner als der Einfluss durch Besiedlung und durch Aerosole aus Abgasen. Die Aufheizeffekte durch Stromerzeugung mit Windkraftanlagen seien viel niedriger als die Abwärme thermischer Kraftwerke.

Diese Argumentation entspricht dabei unserer Meinung nach einem Nachweis, dass die friedliche Nutzung der Kernenergie zu keiner wesentlichen Änderung der irdischen Gesamtmasse führen würde. Schließlich kann man mit wenigen Tonnen Uran den jährlichen Energieverbrauch ganzer Industrieländer abdecken. In

Verhältnis zur Gesamtmasse der Erde ist das faktisch vernachlässigbar. Der Massenverlust liegt dabei in einer Größenordnung, die etwa auch dem Massengewinn durch auf die Erde treffende Meteoriten entspricht. Hier schätzt man bis zu 100 Tonnen Materialeintrag pro Tag.

Diese Argumentation wäre zwar richtig, sie übersieht aber völlig, dass nicht die Gesamtbilanz der Massen das Problem der Kernenergie ist. Sondern die mit der Nutzung verbundenen Nebenwirkungen durch Strahlung. Die Strahlung ist für Menschen gar nicht wahrnehmbar und dennoch tödlich. Daher ist die Tatsache, dass vorerst Nebenwirkungen nicht wahrnehmbar sind, sicher kein Argument, um Nebenwirkungen generell auszuschließen.

Der Meinung, dass Windenergie problemlos den Energiebedarf der Menschheit abdecken könnte, können wir uns aus mehreren Gründen nicht anschließen. Die entsprechende Studie [9-4] berücksichtigt in keiner Weise kleinklimatische Änderungen genauer. Sie geht dabei anhand von Computersimulationen nur von der insgesamt entnommenen kinetischen Energie aus, ohne den kühlenden Effekt der Luftströmung genauer zu berücksichtigen. Gerade dieser, die Temperaturverhältnisse verändernde Effekt, wird nicht näher analysiert.

Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung würde man mit dieser Vorgehensweise auch hinsichtlich der Solarenergie kommen. Unsere Beobachtungen dokumentieren allerdings bei Solarenergie eindeutig die lokalen Veränderungen. Insgesamt ergeben diese Änderungen dann einen maßgeblichen Einfluss auf den Klimawandel.

In ähnlicher Weise vermuten wir auch in Zusammenhang mit der Nutzung der Windenergie eine langfristige schädliche Entwicklung für das bodennahe Klima und die damit betroffene Biosphäre. Die Gefahr besteht dabei in der Verkettung mehrerer Faktoren, wie wir dies ja bezüglich der Nutzung der Solarenergie dokumentiert haben. Auch bei der Windenergie sind solche Verstärkungseffekte zu erwarten. Die von uns vermuteten Zusammenhänge und verstärkenden Faktoren versuchen wir in den folgenden Kapiteln noch darzustellen. Dabei konzentrieren wir uns auf die klimatischen Nebenwirkungen. Dass Windenergie beispielsweise Vögel und Fledermäuse tötet ist bekannt und von anderen Stellen bereits ausreichend dokumentiert.

9.4.2. Beobachten und Dokumentieren – eine Anregung

Glücklicherweise sind derzeit noch relativ wenige größere Windkraftanlagen in unserer österreichischen Heimat gegeben. Es wäre aber wichtig in Regionen um größere Windparks entsprechende objektive Beobachtungen, Messungen und Dokumentationen auch zu kleinklimatischen Änderungen zu erstellen.

Vermutlich ist nur bei entsprechender langer Beobachtungsdauer und großer Aufmerksamkeit der verändernde Einfluss auf die Biosphäre schon früh genug erkennbar. Dies kann nur vor Ort und nur durch völlig unabhängige Personen erfolgen. Wer immer sich dazu berufen fühlt und Zugang zu entsprechenden Regionen hat, möge dies durchaus als Aufruf zu eigener Aktivität empfinden.

Unsere heutige Wissenschaft beschränkt sich leider meist auf automatische Datenerfassung und vernachlässigt die direkte Beobachtung am Ort des Geschehens. Stattdessen beruhen viele hochbezahlte Studien heute auf der Auswertung von Fragebögen, Literaturrecherchen oder Computermodellen. Keiner scheint die direkte Beobachtung mit menschlichen Sinnen und menschlicher Intelligenz mehr als wichtig zu erachten. So kommt es, dass Computermodelle und statistische Auswertungen unsere Schlussfolgerungen bestimmen. Die physikalischen Grundgesetze und die direkte Beobachtung aber nur mehr ansatzweise berücksichtigt werden.

Hinzu kommt die Problematik der sogenannten „Bestellwissenschaft“. Forschung erfolgt heute weitgehend nicht mehr aus Liebhaberei oder Passion für die Thematik. Stattdessen geben Geldgeber Studien in Auftrag und erwarten sich entsprechende Ergebnisse.

Da inzwischen die Politik ausreichend ihr großes Interesse an erneuerbarer Energie bewiesen hat, besteht die Problematik, dass aus öffentlichen Mitteln finanzierte Studien in dieser Hinsicht gefährdet sind, als „Bestellwissenschaft“ verdächtigt zu werden.

Unabhängige Privatpersonen hingegen wären hier wohl die besseren und neutraleren Beobachter. Zahlreiche hochqualifizierte Wissenschaftler befinden sich in

unseren Ländern heute im Ruhestand und sind damit weitgehend unabhängig vom herkömmlichen Wissenschaftsbetrieb. Sie könnten hier einen wertvollen Beitrag liefern, vorausgesetzt es herrscht die Bereitschaft notfalls auch unbequeme Ergebnisse mit gut dokumentierten Unterlagen zu präsentieren.

Das Potential der landschaftlichen Veränderung durch Windenergie lässt schon ein historisches Beispiel leicht erkennen. Jeder der einmal in Holland war, kennt die schönen alten Windmühlen. Das Prinzip der Windmühle wurde unter anderem auch zur Entwässerung der Niederlande eingesetzt. Die sogenannte Fluttermühle wurde im 16. Jahrhundert in den Niederlanden erfunden, diente dort zur Einpolderung und in Ostfriesland zur Entwässerung von Feuchtgebieten. Mitte des 20. Jahrhunderts wurden diese Windmaschinen durch moderne Pumpwerke verdrängt [9-5].

Trotz relativ kleiner Leistung können derartigen Maschinen im Wasserkreislauf viel bewegen und Landschaften ändern. In Holland wurde Land gewonnen, in dem man mit Windenergie den Wasserkreislauf änderte.

Dies sollte man im Hinterkopf behalten, wenn wir bei der heutigen Nutzung der Windenergie einfach postulieren, dass keinerlei negative Effekte auftreten würden, nur weil wir sie nicht sofort erkennen.

Denn in unserem Fall könnte es sein, dass man Land verliert, weil man den energetischen Gesamtkreislauf und dessen Klimaprozess unberücksichtigt lässt.

9.5. Windenergie und die fehlende Kühlleistung

Aus unserer Sicht wird der Einfluss auf den Zusammenhang zwischen Wärme, Kühlung und Lebenskreislauf unterschätzt oder gar nicht berücksichtigt. Wir haben bereits darauf hingewiesen, dass Wind letztlich eine ausgleichende Funktion im Klimakreislauf hat.

Jede Klimaanlage besteht aus einem Verteilsystem, einer Wärmequelle und einem Kühlsystem. Wind sorgt im Verteilsystem unserer irdischen Klimaanlage für einen Energieausgleich. Die lokalen klimatischen Bedingungen hängen stark von dieser Ausgleichswirkung ab. Mit der Entnahme und Umverteilung von Energie aus diesem natürlichen Verteilsystem wäre es daher nur logisch auch klimatische Änderungen zu erwarten.

Die Energieverteilung wird durch die Nutzung der Windenergie willkürlich geändert. Die entnommene Energie wird an andere Orte transportiert und verkauft. Hier führt die Energieentnahme zu einem finanziellen Gewinn. Gleichzeitig führt die Umwandlung dieser Energie letztlich zu einer erhöhten Wärmebelastung. Denn die als Nutzenergie entnommene Energie wird über die Wirkungsgradkette letztlich in bodennahe Wärme umgewandelt. Damit erzielt auch das Klimasystem auf Seiten der Wärmebelastung einen Gewinn.

Einem Gewinn an einer Stelle steht allerdings immer auch ein Verlust an anderer Stelle gegenüber. Die aus der Windenergie entnommene Energie fehlt nun im herkömmlichen Verteilungssystem.

Somit ist in diesem ursprünglichen System nicht nur eine Änderung, sondern ein Verlust zu verbuchen. Nach Entnahme der Energie fehlt für die danach folgende natürliche Energienutzung dieser Verlust. Nun ist der Verlust wohl primär auf Seiten des irdischen Kühlsystems zu verbuchen. Denn Wind dient einfach der gleichmäßigeren Wärmeverteilung in der irdischen Klimaanlage. Mit bewegter Luft kühlen wir unsere Geräte. Wir kühlen uns aber auch selbst, indem wir einfach einen Ventilator im Hochsommer einschalten. Das Wort Ventilator deutet schon auf den Wind hin. In manchen romanischen Sprachen bedeutet das Wort „vento“ auch Wind. Beispielsweise im Italienischen oder Portugiesischen.

Eine Luftbewegung hat also kühlende Funktion. In Windkraftanlagen wird die kinetische Energie abgebaut. Es wird die Windgeschwindigkeit um etwa zwei Drittel verringert. Damit ist die Luftbewegung nach einer Windturbine langsamer.

Das ist ähnlich, als würde man bei einem Ventilator die Luftgeschwindigkeit verringern. Es wird dann pro Zeiteinheit weniger Wärme weiter transportiert werden können. Jene kinetische Energie, die aus der Luftströmung entnommen wurde, fehlt nun in der Folge als Leistung im Kühlsystem.

Ein beliebtes Argument ist nun, dass dies ja nur eine ganz geringe Leistung betreffe. Tatsächlich sind die absoluten Werte scheinbar relativ niedrig. Hier ist es aber wieder erforderlich Verhältniszahlen anzugeben. Die entnommene Energie ist daher zur Gesamtenergie in Verhältnis zu setzen.

Wir gehen dabei, analog zur Angabe der Zunahme der CO_2 –Emissionen, von Angaben in Millionstel Anteilen aus. Bei der CO_2 Konzentration der Atmosphäre soll ja die Änderung in diesen Größenordnungen klimarelevant sein. Es ist daher nur vernünftig auch die Änderung der bodennahen „Kühlleistung“ durch die Windenergie in einer vergleichbaren Skala anzugeben.

Dies haben wir in Bild 9-8 versucht darzustellen. Hier ist die Entwicklung der installierten Windenergieleistung in Deutschland seit dem Jahr 2000 dargestellt. Die Auswertung beruht auf offiziellen Angaben des Bundesverbands Windenergie [9-6]; [9-7]. Die Daten betreffen Windenergieanlagen an Land und berücksichtigen Werte bis 30.6.2016.

Die in den Quellen insgesamt angegebene Leistung wurde auf die Staatsfläche Deutschlands bezogen. Der pro Flächeneinheit ermittelte Leistungswert wurde dann in Relation zur solar eingestrahlten Leistung gesetzt. Hier wurde lt. [9-8] die für die Klimatologie entscheidende mittlere Einstrahlleistung ermittelt. Die Jahressumme der Globalstrahlung liegt in Deutschland zwischen 900 und 1.200 kWh pro m² und Jahr auf eine horizontale Fläche. Das entspricht im Durchschnitt ca. 100 bis 135 W/m². Wir sind für unsere Analyse von einem durchschnittlichen Jahreseintrag von 1.050 kWh/m²a, entsprechend einer mittleren Einstrahlleistung von ca. 120 W/m² ausgegangen.

Auf diesen Wert wird nun die installierte Windenergieleistung in Bild 9-8 bezogen, wobei die Daten in ppm angegeben werden. Wie erkennbar, ist seit dem Jahr 2000 die installierte Leistung der Windenergie von ca. 142 ppm auf über 1.000 ppm der mittleren solaren Einstrahlleistung gestiegen.

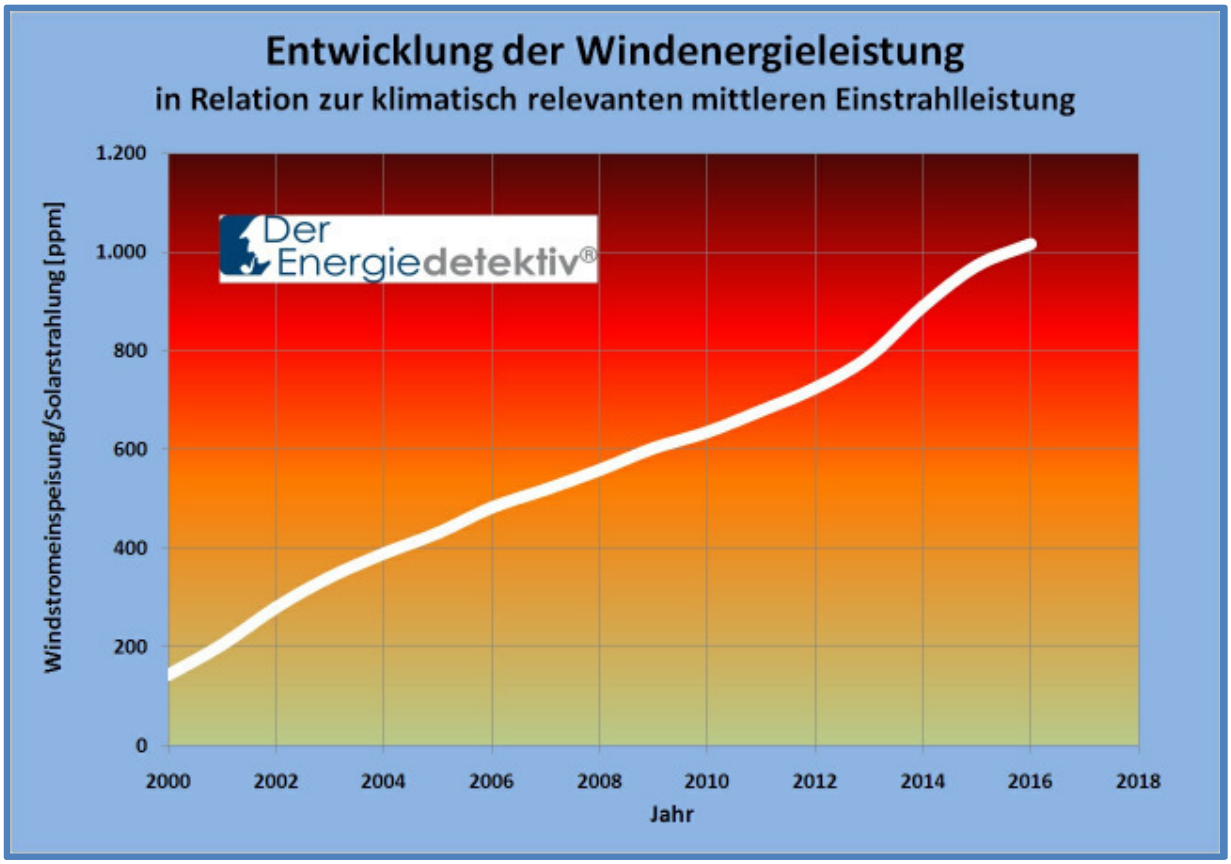

Bild 9-8: das Verhältnis der installierten Leistung aus Windenergie in Deutschland liegt, bezogen auf die mittlere Einstrahlleistung der Sonne, bereits über 1.000 ppm

Die in Bild 9-8 dargestellte Entwicklung zeigt den Mittelwert über die gesamte Staatsfläche Deutschlands. Nun ist die Nutzung der Windenergie jedoch regional ungleich verteilt. Es gibt Regionen mit hohem Anteil am Ausbau der Windenergie. Es gibt ebenso Regionen mit geringerem Ausbau. In Tabelle/Bild 9-9 sind die errechneten Werte zur regionalen Verteilung dargestellt.

Diese Auswertung erfolgte entsprechend der zu Bild 9-8 beschriebenen Vorgangsweise. Sie bezieht sich jetzt aber auf die einzelnen Bundesländer und deren Flächen. Hier wird die ungleiche Verteilung erkennbar. In Bremen und Schleswig Holstein liegen Werte weit über 3.000 ppm vor. In der Bundeshauptstadt

Berlin hingegen liegt der Wert bei nur 84,2 ppm. Diese Werte belegen deutlich den unterschiedlichen Einfluss der Windenergie in den einzelnen Bundesländern.

Der Energiedetektiv®

Bundesland	Leistung Windkraft zur durchschnittlichen Leistung der Sonneneinstrahlung [ppm]
Bremen	3.464,6
Schleswig-Holstein	3.246,8
Sachsen-Anhalt	1.912,8
Brandenburg	1.715,9
Niedersachsen	1.569,5
Rheinland-Pfalz	1.259,4
Mecklenburg-Vorpommern	1.080,4
Nordrhein-Westfalen	1.056,4
Saarland	919,0
Hamburg	685,1
Thüringen	640,7
Hessen	583,6
Sachsen	513,6
Bayern	244,4
Baden-Württemberg	205,4
Berlin	84,2
Gesamtes Bundesgebiet	1.016,6

Tabelle 9-9: Verhältnis zwischen installierter Leistung aus Windenergie in den einzelnen Bundesländern und mittlerer solarer Einstrahlleistung

Letztlich zeigen diese Werte wohl auch die mögliche Tendenz der klimatischen Änderungen. Aus dem Kühlmechanismus der Winde wird Energie zugunsten der elektrischen Nutzung in städtischen Ballungsräumen gewonnen. Es steht allerdings zu erwarten, dass beide Bereiche – Stadt und Land – langfristig von negativen Auswirkungen nicht verschont bleiben werden.

Denn es wäre nun völlig naiv davon auszugehen, dass eine Änderung um durchschnittlich mehr als 1.000 ppm im Klimasystem der Erde bzw. eines Landes keine klimatischen Nebenwirkungen haben sollte. Hier sei daran erinnert, dass eine Änderung der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre von 280 ppm auf ca. 390 ppm Grundlage für den prognostizierten Klimawandel ist.

Nun könnte man noch einwenden, dass die installierte Leistung nicht der tatsächlich entnommenen Leistung entspricht. Dies stimmt natürlich. Denn die angegebene installierte Leistung entspricht einer Nennleistung. Welche Energie dann tatsächlich aus dem Luftstrom entnommen wird, kann sehr unterschiedlich sein. Denn zu schwache oder zu starke Winde führen meist zu keiner wesentlichen Energieeinspeisung. Die Windkraftanlagen liefern nicht ständig gleich viel Energie. Nur in einem bestimmten Bereich der Windgeschwindigkeiten haben sie ihr Optimum. Bei zu starkem Wind werden sie aus dem Wind gedreht. Windkraftanlagen holen sich praktisch das Gustostückchen aus dem gesamten Windangebot. Nämlich jenen Teil, in dem sie den höchsten Ertrag ohne eigene Gefährdung erzielen können.

Die Einspeisung 2015 von Windstrom in Deutschland wird lt. [9-9] mit 86.000 GWh angegeben. Damit liegt die dem Wind entnommene Energie bereits um 30% höher als der jährliche Stromverbrauch für die gesamte Kältetechnik in Deutschland. Dieser wird mit jährlich 66.000 GWh angegeben [9-16].

Mit anderen Worten, dem Kühlsystem des Windes wird um 30% mehr Energie entzogen, als für alle technischen Kältesysteme in Deutschland insgesamt an Strom benötigt wird.

Man könnte dies als massive Umverteilung der landesweiten Kühlleistung des Windes zugunsten der Kälteleistung in zentralen technischen Anlagen interpretieren. Zumindest zeigt dieser Vergleich in allgemein verständlicher Form die Dimension der Thematik.

Dabei liegt die mit technischen Kältesystemen erzeugte Kälte dann in kleineren technischen Räumen (Kühlschrank, Tiefkühllager oder klimatisierter Raum) konzentriert vor. Dies allerdings auf Kosten erhöhter Wärmeabgabe an deren

Standorten. Dass das nicht ohne Rückwirkungen auf das Kleinklima der betroffen Regionen bleiben wird, erscheint uns plausibel.

Die großen betroffenen Flächen verdecken diesen Effekt wahrscheinlich derzeit noch. Alleine der Energieerhaltungssatz reicht aber bereits aus, um die Problematik erkennen zu können. Man kann dies auch noch anders verdeutlichen. Wir haben die Auswertung im nächsten Schritt nicht mehr auf Fläche und Leistung, sondern nur auf die entnommene Energie bezogen.

In [9-9] sind Angaben zur Entwicklung der Windstromeinspeisung über mehrere Jahre enthalten. Diese Werte haben wir auf eine mittlere solare Einstrahlung von 1.050 kWh/m² bezogen. Es ergeben sich dann aktuell Werte um 200 ppm. Dieser Wert mag auf den ersten Blick gering erscheinen. Aber auch bei diesen nun geringeren Werten wird man davon ausgehen müssen, dass dies nicht ohne Rückwirkungen auf das gesamte Klimasystem und die Biosphäre möglich ist.

Interessant ist in diesem Zusammenhang der in Bild 9-10 dargestellte Verlauf. Dabei haben wir die genannte Datenreihe verwendet. Gleichzeitig ist bekannt, dass die Elektrifizierung Deutschlands erst um das Jahr 1900 begann. Die installierte Leistung der elektrischen Kraftwerke betrug im Jahr 1895 nur 40 MW. Wir lassen daher in Bild 9-10 die Kurve mit einem Nullpunkt um 1900 beginnen. Dies macht den aktuell massiven Ausbau der Windenergie deutlicher erkennbar.

Wir hatten weiter oben die scheinbare Zunahme von Sichtungen oder Berichten zu Tornados oder Windhosen erwähnt. In Bild 9-11 ist der Verlauf der Einträge in der Tornadoliste Deutschland [9-41] als Vergleich dargestellt. Ob der recht ähnliche Verlauf einen ursächlichen Zusammenhang hat oder nicht, können wir nicht beurteilen. Die sehr ähnliche Entwicklung überrascht jedenfalls, könnte aber auch ganz andere Ursachen und Hintergründe haben. Dies müssten allerdings mit der Materie solcher Erscheinungen besser vertraute Personen beurteilen.

Für uns war der extrem ähnliche Verlauf zuerst erstaunlich. Die nähere Auswertung war dann schon erschreckend. Wir haben in Bild 9-12 die beiden Diagramme noch zum besseren Vergleich direkt übereinander gelegt. Vielleicht versteht der Leser bei Betrachtung dieser Auswertung unsere derartigen Emotionen dann etwas besser.

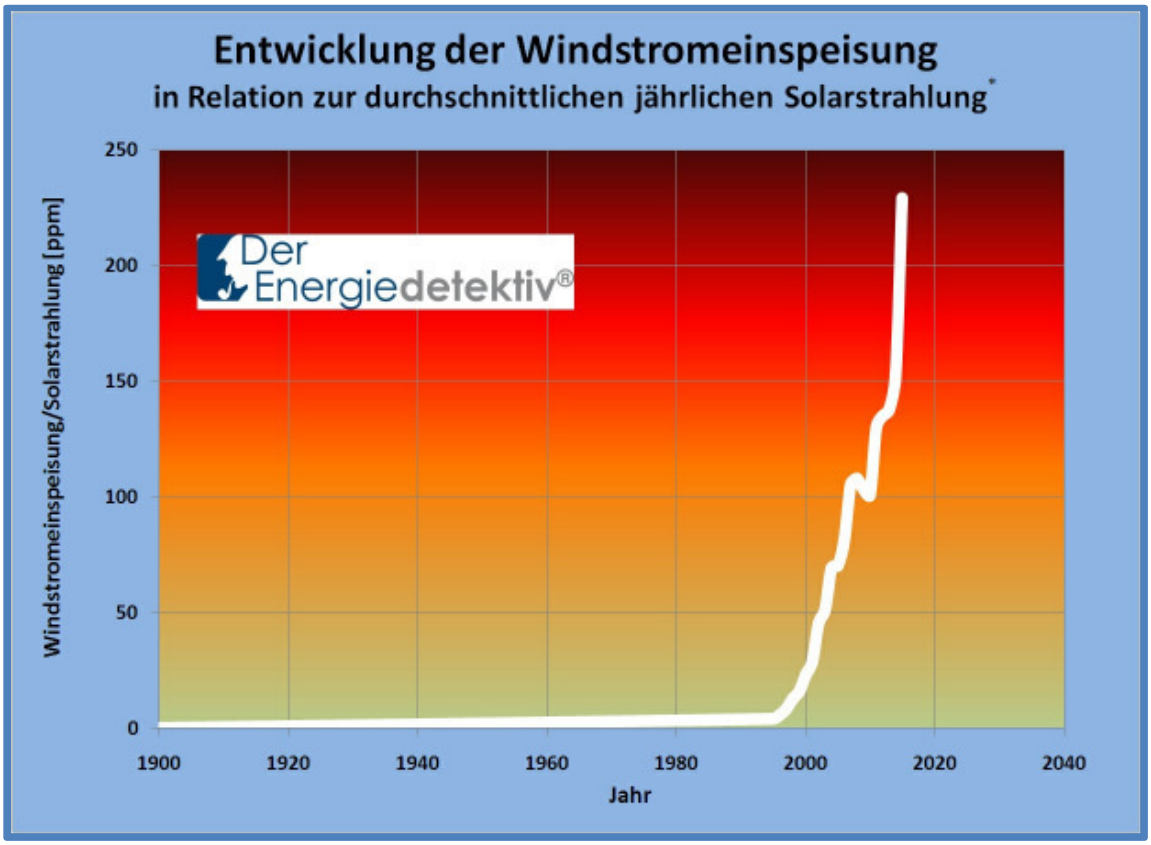

Bild 9-10: Entwicklung der Windstromeinspeisung; durch die Darstellung beginnend mit der Elektrifizierung um 1900 wird der aktuelle Trend verdeutlicht

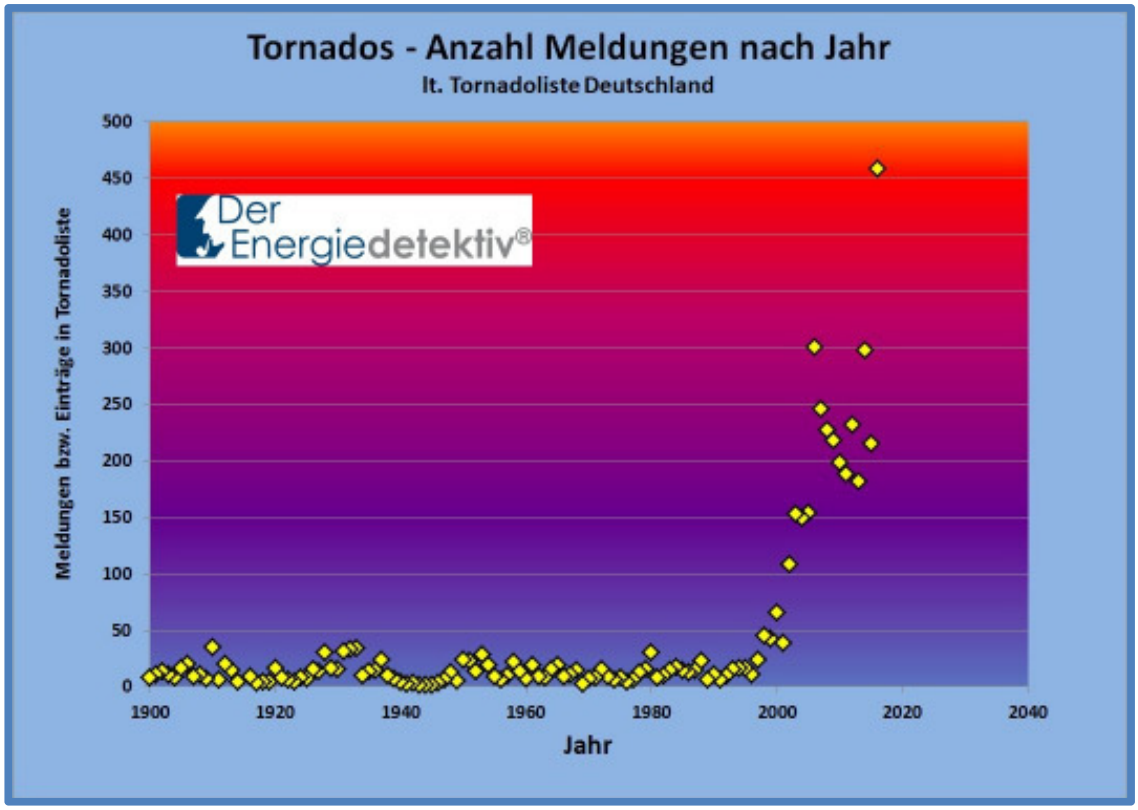

Bild 9-11: Entwicklung der Meldungen zu Tornados nach Daten für den Zeitraum 1900 bis 2016 [9-41]

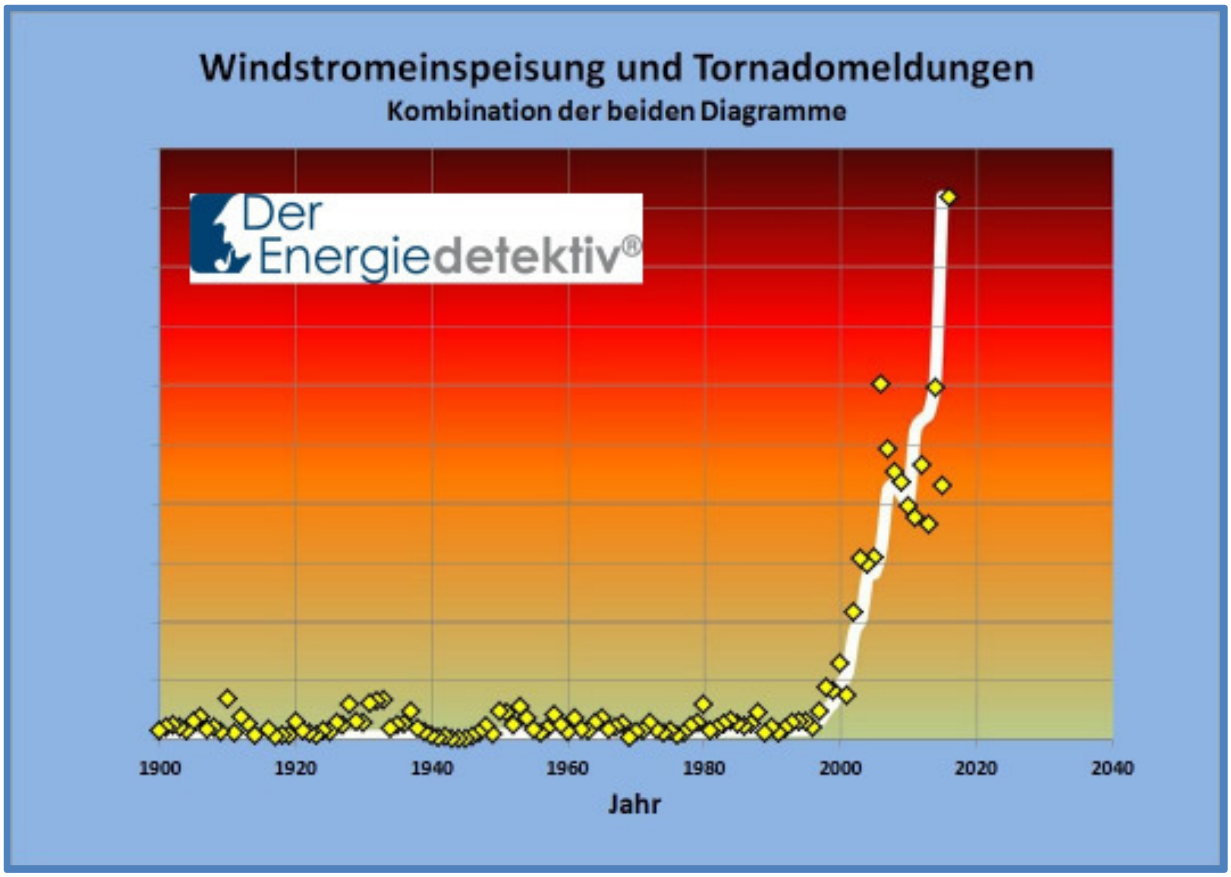

Bild 9-12: die Kombination beider Diagramme macht den erschreckend ähnlichen Verlauf noch deutlicher erkennbar

In der Klimaforschung hat die Bezeichnung „Hockey Stick“ bzw. Hockeschläger Diagramm ja eine gewisse Berühmtheit erlangt. Dies geht zurück auf eine Auswertung von Temperaturwerten [9-11]. Dieses Diagramm sollte den aktuell starken Anstieg der Temperaturen verdeutlichen, blieb aber nicht unumstritten. Der starke Anstieg von Temperaturwerten wurde mit der Krümmung eines Hockeyschlägers verglichen. Unser Bild 9-10 weist ebenfalls eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Hockeyschläger auf. Das Diagramm zeigt den raschen und starken Anstieg der Windenergienutzung in Deutschland.

Wir sehen darin aber nicht nur eine positiv zu bewertende Nutzung erneuerbarer Energie. Wir vermuten hingegen, dass dieser direkte Eingriff in das Klimasystem auch negative Auswirkungen auf das Klima aufweisen könnte. Man wird unseres Erachtens davon ausgehen müssen, dass eine derart starke Änderung in der bodennahen Kühlleistung auch merkliche Nebenwirkungen im regionalen Klima nach sich ziehen müsste. Die Kühlfunktion ist dabei vermutlich sogar in mehreren Bereichen betroffen. Das versuchen wir in den nächsten Kapiteln näher zu erläutern.

9.6. Wärmetransport und Überhitzung - wenn die Kühlung nicht reicht

Was passiert, wenn die Kühlung versagt? Man kann sich das als Mensch nun so vorstellen: man sitzt im Sommer bei der Arbeit. Es ist heiß, aber ein schwacher Luftzug weht. Dieser kleine Wind freut einen, bringt er doch etwas Kühlung. Plötzlich fällt dieser Luftzug aus. Man merkt es sofort. Der angenehme Kühleffekt ist weg. Es passiert zwar nichts Wesentliches, nur der angenehme, kleine Luftzug ist weggefallen. Aber der Betreffende merkt es doch gleich.

Der durch den Luftzug stattgefundene Energietransport ist geringer geworden. Wärme von heißeren Flächen, wie der Haut des Menschen, kann nun nicht mehr so einfach über die Konvektion abtransportiert werden. Die Temperatur an den gekühlten Oberflächen wird steigen.

Das kann nun zu zwei Ergebnissen führen: Entweder es findet eine Anpassung statt. Die Temperatur steigt und der Organismus findet einen anderen Weg die Wärme abzuführen. Diese vielleicht andere Art der Kühlung übernimmt bei den steigenden Temperaturen dann eine größere Rolle. So rettet dieses zweite Kühlsystem damit die Situation.

Die andere Variante ist allerdings die unangenehmere. Es steht keine Alternative zur Kühlung zur Verfügung. Der Luftstrom ist jetzt zu gering, um die Zieltemperatur einhalten zu können. Daher steigt die Temperatur. Das führt dann bei technischen Einrichtungen beispielsweise zu einer rascheren Alterung oder sogar zum Durchbrennen und Systemversagen.

Bei den komplexen Anlagen die wir heute verwenden, fällt oft nur ein einzelner Bauteil aufgrund zu hoher Wärmebelastung aus. Das Versagen dieses einen Bauteils führt aber dann zum Totalversagen des ganzen Gerätes. So führen oft nur einfache, sehr billige Elektrolytkondensatoren aufgrund zu hoher Temperaturbelastung zu einem Systemausfall.

Bei der Nutzung von Windenergie wird versucht die Windgeschwindigkeit etwa auf ein Drittel der ursprünglichen Geschwindigkeit zu verringern. Erfolgt die Kühlung nur konvektiv über die Lüftung, dann ist der mögliche Wärmetransport bzw. Kühleffekt

der Luftmenge direkt proportional. Reduziere ich die Luftmenge pro Zeiteinheit auf ein Drittel, dann kann auch nur mehr ein Drittel an Kühlleistung erzielt werden.

Bei technischen Anlagen ist jede Reduktion der Luftmenge kritisch. Sie kann systemgefährdend sein. Es kann plötzlich zu einem Komplettausfall durch Überhitzung und folgende Zerstörung der Bauteile kommen. Wer das nicht glaubt, braucht nur einen EDV-Techniker zu fragen, was er davon hält die Lüfter an einem Computersystem abzustellen.

Aber auch wenn nicht die sofortige Zerstörung erfolgt, wird zumindest die Lebensdauer reduziert. Bei technischen Geräten führt jede Temperaturerhöhung zu einer Verringerung der Lebensdauer. Besonders oft vom Ausfall betroffene Bauteile sind Elektrolytkondensatoren. Bild 9-13 dokumentiert einen solchen Fall bei einer Energiesparlampe.

Bild 9-13: Dieser Elektrolytkondensator ist wegen zu hoher Temperaturbelastung ausgefallen. Dies ist am gewölbten Deckel erkennbar. Das elektronische Vorschaltgerät einer Energiesparlampe besteht aus ca. 25 Bauteilen. Es ist aufgrund nur eines einzelnen Bauteils zur Gänze defekt und eine neue Lampe nötig.

Der Verein ReUse setzt sich für die Wiederverwendung elektronischer Bauteile ein. In einer Stellungnahme [9-14] wird zum Ausfall dieser Bauteile u.a. folgendes angeführt:

> *Elektrolytkondensatoren sind Verschleißteile und besitzen eine festgelegte Lebensdauer, die stark temperaturabhängig ist…. Hauptproblem ist die Kühlung der wärmeerzeugenden Komponenten…. im Laufe der Zeit kommt es zur Verstopfung der Lüftungskanäle. Dadurch steigt die Temperatur im Inneren …..Bedingt durch das höhere Temperaturniveau steigt auch die Ausfallrate der einzelnen Komponenten.*
>
> *Da Elektrolytkondensatoren sich schon sehr lange im Einsatz befinden, existieren bei den Herstellern auch entsprechende Kenntnisse über die Haltbarkeit und Lebensdauer. …… Es ist somit festzustellen, dass mit der Auswahl von bestimmten Elektrolytkondensatoren mit bestimmten Eigenschaften ganz bewusst eine zu erwartende Lebensdauer des Gerätes festgelegt wird. Dabei wird von einem „Normalbetrieb“ des Gerätes ausgegangen – eine Temperaturerhöhung im Laufe der Gerätelebensdauer (z.B. durch Verstopfung des Lüftungssystems) wird in vielen Fällen nicht berücksichtigt.*

Eine Temperaturerhöhung hat für viele technische Anlagen fatale Konsequenzen. Erhöht man die Umgebungstemperatur einer Festplatte von 20 auf 40 Grad, reduziert sich die Lebensdauer um den Faktor 2, bei Erhöhung der Temperatur auf 60 Grad um den Faktor 4.

Was für technische Systeme gilt, gilt in ähnlicher Weise auch für organische Substanzen. Die Haltbarkeitsdauer von Lebensmitteln wird ganz entscheidend von den Temperaturverhältnissen bestimmt. Der Zusammenhang ist in Bild 9-14 am Beispiel von Butter dargestellt. Das Bild wurde anhand der Studie [9-12] erstellt. Klar erkennbar ist der Einfluss der Kühlung auf die Haltbarkeit. Die möglichen Lagerzeiten organischer Substanzen sind von der Lagertemperatur bestimmt.

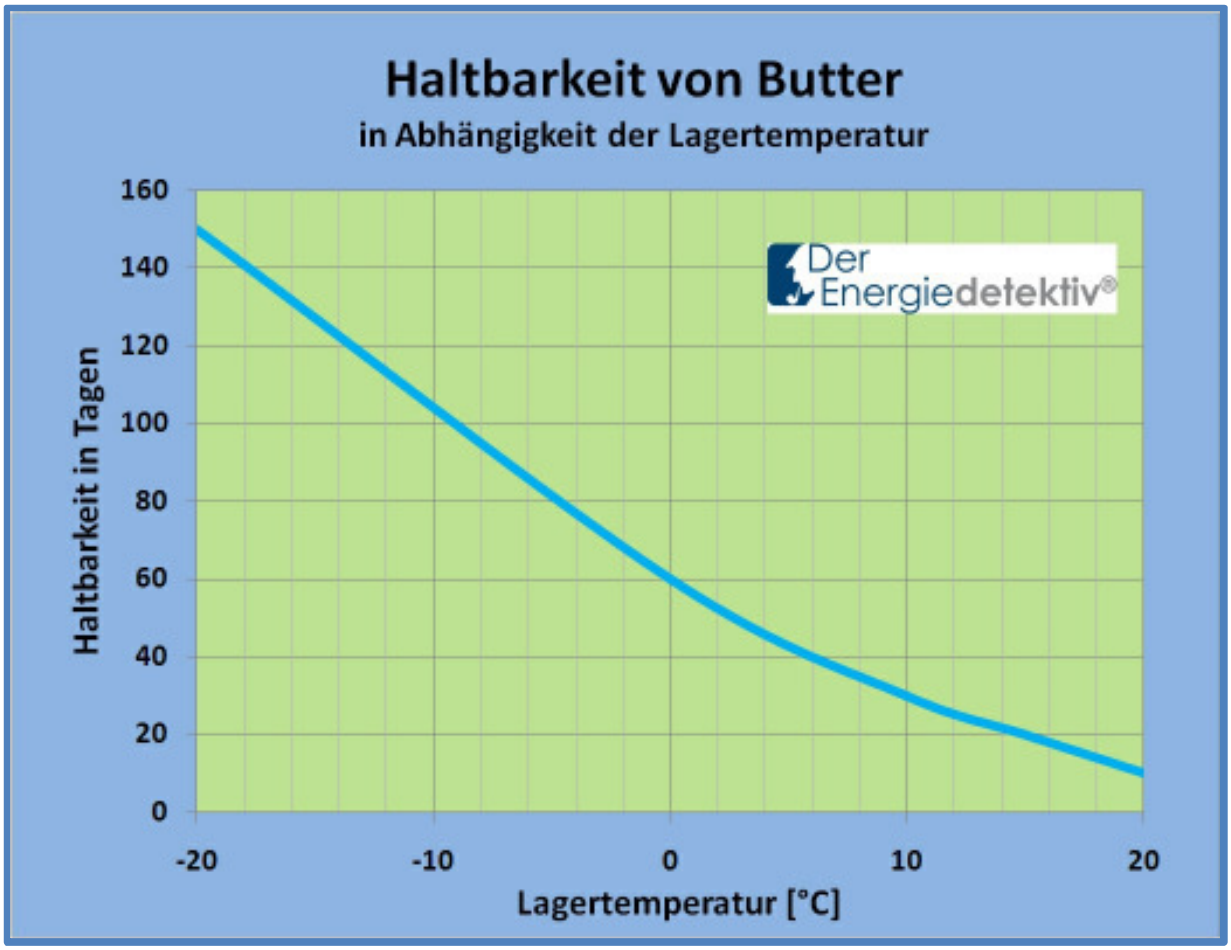

Bild 9-14: Die mögliche Lagerdauer von organischen Substanzen wie hier beispielsweise Butter wird stark von der Kühlung bzw. Lagertemperatur beeinflusst

Wir können also festhalten, dass die Kühlung durch Belüftung bei technischen Geräten entscheidend für deren Lebensdauer ist. Bei organischen Substanzen ist ebenfalls die Umgebungstemperatur entscheidend für deren Haltbarkeit. Wir müssen daher auch davon ausgehen, dass eine Änderung des Wärmetransports durch Winde auch zu Änderungen in biologischen Prozessen und im bodennahen Klimasystem führt.

Die Verringerung der Luftgeschwindigkeit wird auch zu Änderungen der lokalen oder regionalen Klimaverhältnisse führen. Wie groß diese Änderungen sind, kann derzeit allerdings nur schwer beurteilt werden. Aus technischen Gründen versucht man die Luftgeschwindigkeit in Windenergieanlagen etwa auf ein Drittel zu verringern. In gleichem Ausmaß würde sich wohl die Kühlleistung durch Konvektion verändern. Allerdings ist dies nur ein Teil des Kühleffektes. Denn tatsächlich kommt zur Kühlwirkung noch ein weiterer Effekt hinzu.

9.7. Notkühlung- wenn die Konvektion nicht reicht

Stellen wir uns noch einmal die Situation eines Menschen vor, der im Sommer bei hohen Temperaturen bei der Arbeit sitzt. Der kühlende Luftzug ist ausgefallen. Damit kann über Konvektion nicht mehr ausreichend Energie abgegeben werden.

Wenn nun die Temperatur des Körpers zu stark steigt, dann hat der menschliche Organismus ein zusätzliches Kühlsystem vorgesehen. Der Mensch beginnt zu schwitzen. Durch das Verdunsten von Schweiß besteht ein sehr effizienter zusätzlicher Mechanismus um die Körpertemperatur zu regulieren. Beim Verdunsten wird eine sehr große Energiemenge in Form von Wasserdampf abgeführt.

Der menschliche Körper gibt im Ruhezustand ca. 75 % der erzeugten Wärme durch Konvektion und Strahlung ab. Nur ca. 25 % werden durch Verdunstung von Wasser abgegeben. 40 % der Verdunstung entfallen dabei allein auf die Wasserdampfabgabe durch die Ausatemluft.

Wenn die Außentemperatur ansteigt, wächst die Bedeutung der Schweißverdunstung insbesondere bei körperlicher Belastung. Die Verdunstung wird zum wichtigsten Mechanismus der Temperaturkontrolle. Bei einer Temperatur von 10 °C werden etwa 20 % der entstehenden Wärme durch Schweißverdunstung abgegeben, bei 20 °C steigt dieser Anteil auf 45 % und bei 30 °C auf 70 % an [9-13].

Was wir hier beim menschlichen Körper geschildert haben, ist ein Kühlsystem durch Verdunstung. Die Hautoberfläche wird zur Verdampferoberfläche ähnlich wie bei einer technischen Kälteanlage. Eigentlich handelt es sich um einen Verdunstungsvorgang. Das bedeutet der Übergang vom flüssigen Aggregatzustand zum gasförmigen Aggregatzustand erfolgt unterhalb der Siedetemperatur.

Wir erlauben uns dennoch hier von einer „Verdampferoberfläche“ zu sprechen. Dies um das Verständnis in Analogie zu technischen Kälteanlagen zu fördern. Wesentlich ist letztlich jedoch der partielle Übergang von einem Aggregatzustand zum anderen, unabhängig ob die Siedetemperatur erreicht ist oder nicht.

Technische Kälteanlagen, wie Kühlschrank oder Tiefkühltruhe verfügen über Verdampferflächen. An diesen Flächen wird gekühlt, indem bei niedrigem Druck das vorher flüssige Kältemittel verdampft. Wärme wird so abtransportiert. Heute verwenden wir technische Systeme mit optimierten Kältemitteln, die in einem Kreislaufsystem geführt werden. Das Kühlsystem des Menschen durch Schwitzen ist nicht viel anders. Wasser ist das Kältemittel, die Haut die Verdampferoberfläche. Oder besser gesagt die Oberfläche zur Verdunstung. Bei zu hoher Belastung schwitzt der Körper dann so stark, dass nicht nur durch Verdunstung Wärme abgeführt wird, sondern die Schweißtropfen zu Boden fallen und damit auch Wärme abtransportieren.

Dass das funktioniert kann jeder selbst bestätigen. Ein Kreislauf des Kältemittels ist auch gegeben. Er beschränkt sich allerdings nicht auf den menschlichen Organismus. Stattdessen auf den gesamten Wasserkreislauf der Erde. An der Hautoberfläche verdunstetes Wasser geht ja nicht verloren, sondern kommt irgendwann als Niederschlag wieder zurück. Der Mensch trinkt, abhängig von der Schweißproduktion Wasser. Es ist zwar nicht exakt das gleiche Molekül. Global betrachtet ist der Kreislauf des Kältemittels jedoch geschlossen.

Bild 9-15: Ein Fächer gehörte als tragbare Klimaanlage früher in die Handtasche jeder vornehmen Dame. Er ermöglicht durch künstliche Erzeugung von Wind eine erhöhte Kühlleistung an der warmen und ggf. feuchten/schwitzenden Haut

Der Kühleffekt beim Schwitzen kann verstärkt werden, indem der Luftzug an der Oberfläche erhöht wird. Das kann ein Ventilator sein. Einfacher ist es aber auch mittels eines Fächers (Bild 9-15). Dabei wird von der schwitzenden Person ein Fächer naher der Hautoberfläche bewegt, um durch den Luftzug die Verdunstungsmenge zu erhöhen. Damit wird dann der Kühleffekt verstärkt.

Will man einen besonders starken Kühleffekt erzielen, dann ist der Übergang von einem Aggregatzustand zum nächsten Aggregatzustand entscheidend. Denn die Änderung des Aggregatzustandes ist immer mit einer hohen Energiezuführung bzw. Energieabführung verbunden. Gleichzeitig bleibt die (maximale bzw. minimale) Temperatur solange begrenzt, bis die gesamte Stoffmenge den Aggregatzustand geändert hat. Allerdings besteht ein Zusammenhang mit den Druckverhältnissen.

Man kann dazu die Verdunstung von Flüssigkeiten nutzen. Beim Schwitzen entsteht im Wind eine starke Kühlfunktion. Der verdunstende Schweiß führt zu einer hohen Kühlleistung. Das bedeutet, eine hohe Wärmemenge wird von der Hautoberfläche abgeführt.

Neben dem Verdunsten kann man auch den Übergang vom festen Aggregatzustand zum flüssigen Aggregatzustand zur Kühlung bzw. Temperaturregelung verwenden. Der feste Aggregatzustand heißt bei Wasser Eis. Schmelzendes Eis kann zur Kühlung verwendet werden. Ein Eiswürfel im Cocktailglas bestätigt das. Der Kühleffekt ist so lange gegeben, bis der Eiswürfel sich völlig aufgelöst hat. Der werte Leser möge dies bei einem Eigenversuch mit seinem Lieblingsgetränk einmal ausprobieren.

Früher nutzte man die gespeicherte Kälte zur Kühlung im Vorläufermodell des heutigen. Kühlschranks. In einem sogenannten Eiskasten wurde ganz harmloses Wasser als Kältemittel genutzt. Ein Kreislaufsystem in der Anlage war nicht erforderlich. Im Winter wurden aus zugefrorenen Seen oder Teichen Eisblöcke geschnitten und in kalten Kellern zwischengelagert. Diese Eisblöcke wurden dann im Sommer verkauft und in den Eisschränken zur Kühlung genutzt. Der Eisblock wurde im oberen Teil eines Eisschrankes untergebracht. Sowohl Haushalte als auch die Gastronomie nutzten diese Technik.

Die von außen in den Eisschrank eindringende Wärme führt zum Schmelzen von ein wenig Eis. Das geschmolzene Eis rinnt als kaltes Wasser seitlich an den Wänden nach unten und wird in einem Behälter gesammelt und entsorgt. So konnten früher ganz ohne Stromanschluss Getränke und Lebensmittel gekühlt werden.

Bild 9-16: Eiskasten als Vorläufer des heutigen Kühlschrankes (Museum Vorau). Innen befand sich ein Eisblock. So konnte die Verdunstung zur Kälteerzeugung genutzt werden, das Schmelzwasser floss vorne bei der Öffnung unten ab

Eiskasten und der mit Eiswürfel gekühlte Cocktail beweisen jene Kühlfunktion die in Zusammenhang mit gefrorenem Wasser möglich ist. Das Schwitzen und der Fächer als tragbare Klimaanlage für die Handtasche beweisen, wie wichtig die Kombination von Verdunstung und Luftbewegung für die menschliche Kühlung ist. In all diesen Fällen ist Wasser das Kältemittel.

Nun ist Wasser aber nicht nur das Kältemittel des menschlichen Kühlsystems. Es ist auch das Kältemittel der bodennahen Klimaanlage in unserer wunderschönen Welt. Diese Verdunstung von Wasser stellt eine ganz wesentliche Kühlfunktion dar. Das Kältemittel Wasser und die Tatsache, dass wir alle faktisch auf der Verdampferoberfläche leben, ist die Garantie für ein ausgeglichenes, relativ angenehmes Klima in Bodennähe. Das haben wir in Bild 9-17 versucht schematisch darzustellen. Dazu wurde das oben gezeigte Bild 9-3 noch in Hinblick auf das Kältemittel Wasser ergänzt.

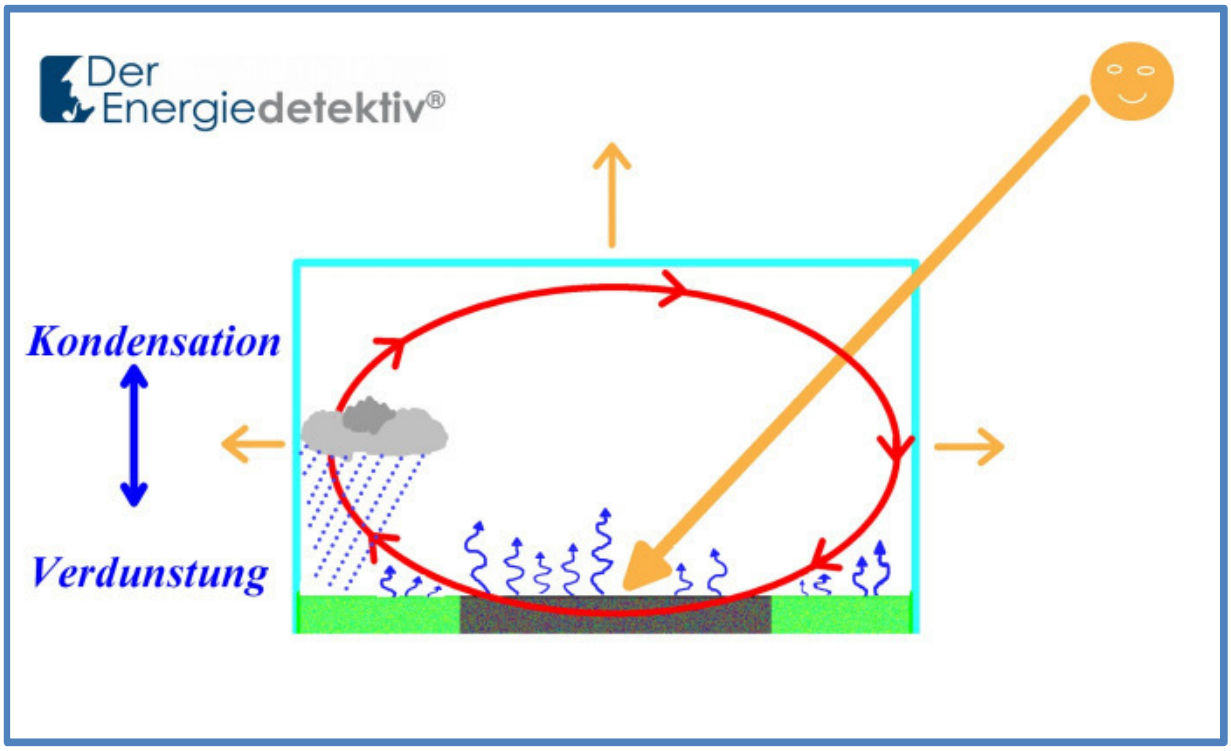

Bild 9-17: Das schematische Modell aus Bild 9-3 wurde ergänzt. Die Luftzirkulation (roter Kreis) ist nun mit dem Wasserkreislauf kombiniert. Am erwärmten Boden samt Vegetation liegt der Verdunstungsbereich für das Kältemittel Wasser. Wasserdampf steigt auf (Nebel, Wolken). Der Kondensationsbereich führt zum Niederschlag (Regen, Schnee), das Kältemittel kehrt zum Verdampfer bzw. Verdunster zurück.

In Summe wird die Temperatur in Bodennähe entscheidend durch die Faktoren Wasser und Wind bestimmt. Die Kombination des Kältemittels Wassers mit dem Transportsystem in Form von Luftbewegungen (Winde) stellt nichts anderes als die „Kältemaschine Gottes“ im irdischen Klimasystem dar. Sie garantiert gemeinsam mit der laufenden Energielieferung über die Sonne das irdische Leben. Luftbewegungen und kleinräumige Druckverhältnisse sind dabei entscheidende Faktoren. Diese werden bei der technischen Nutzung der Windenergie geändert. Darüber scheint man sich aber bisher kaum Gedanken zu machen.

Wir haben schon in Zusammenhang mit der Nutzung der Solarenergie gesehen, dass scheinbar kleine, unbedeutende Effekte im großtechnischen Maßstab der Energiewende durchaus klimarelevant sein können. Ähnliches kann auch für die Nutzung der Windenergie erwartet werden.

Bei der Nutzung der Solarenergie gingen unsere Bedenken in Richtung der erhöhten Wärmebelastung. Bei der Nutzung der Windenergie ist nun ein Einfluss auf die bodennahe Kühlfunktion zu erwarten. Beide Faktoren zusammen würden sich vermutlich gegenseitig verstärken. Damit wäre statt einer Stabilisierung der Temperaturwerte eher ein weiterer Anstieg der bodennahen Temperaturen zu erwarten.

Der menschliche Eingriff in das Klimasystem durch die sogenannten „erneuerbaren Energien“ könnte damit eine viel größere Gefahr darstellen, als der Anstieg der CO_2-Konzentration und der damit verbundene Treibhauseffekt.

Bevor wir uns den Zusammenhang zwischen Kälteleistung und Luftbewegung noch etwas näher ansehen, wollen wir zuerst die erstaunlichen Eigenschaften des Kältemittels Wasser betrachten.

9.8. Wasser – das perfekte Mittel für ein stabiles Klima

Wenn wir hier den Begriff „Kältemittel“ verwenden, dann erfolgt dies in Analogie zu einem technischen Begriff der Kältetechnik. Also der bewussten technischen Produktion von Kälte.

Ein Kältemittel in einer technischen Anlage nimmt bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck Wärme auf und gibt Wärme bei höherer Temperatur und höherem Druck ab. Üblicherweise werden dazu Änderungen des Aggregatzustands genutzt.

Bild 9-18: Lebendiges Wasser – was wäre das Leben auf Erden ohne Wasser?

Wenn wir hier die stabilisierenden Eigenschaften von Wasser betrachten, dann wäre es wahrscheinlich korrekter von einem „Klimamittel“ statt von einem „Kältemittel“ zu sprechen.

Wasser, seine speziellen Eigenschaften und seine Aggregatzustände sind von besonderer Bedeutung für die Stabilisierung des irdischen Klimas. Wasser ist aber auch die wichtigste Grundlage für das irdische Leben. Flüssiges Wasser garantiert das Leben, gerne wird daher von „lebendigem Wasser“ als dem Grundbaustein allen Lebens gesprochen.

9.8.1. Wasser als Kältemittel

Der Begriff Kältemittel erinnert den Techniker primär an Kältemaschinen. In diesen Geräten wird, unter Einsatz von zusätzlicher Energie, Wärme auf niedrigem Niveau entzogen, auf ein höheres Niveau gepumpt und an die Umwelt abgegeben. Auf diese Art und Weise wird heute Kälte produziert. Dazu werden künstlich hergestellte Kältemittel verwendet, die Nebenwirkungen auf Ozonschicht oder Treibhauseffekt haben.

Unbeachtet bleibt dabei meist, dass auch ganz normales Wasser ein natürliches Kältemittel darstellt. Es trägt in der Kältetechnik auch die offizielle Bezeichnung R718. Dieses Kältemittel (H_2O - Wasser) ist ungiftig und umweltfreundlich.

Es gibt technische Anlagen, in denen Wasser als Kältemittel eingesetzt wird. So berichtet das Fachinformationszentrum Karlsruhe vom Einsatz von Wasser in Kompressionskältemaschinen:

> *Wasser ist als Kältemittel für Kühltemperaturen oberhalb des Gefrierpunktes einsetzbar. Da Kältemittel und Kälteträger nicht getrennt werden müssen, entfallen die üblichen Wärmetauscher. Deshalb kann eine höhere energetische Effizienz auch bei kleinen Temperaturdifferenzen zwischen Verdampfungstemperatur und gewünschter Kälteträgertemperatur erreicht werden.* [9-16]

Ein Unternehmen, das Anlagen mit Wasser als Kältemittel kommerziell anbietet, führt bei seiner Produktinformation aus:

> *Bei der Verwendung von Wasser als Kältemittel ist eine weitere Eigenschaft von Bedeutung, die eine uneingeschränkte weltweite Anwendung ermöglicht: Es ist bekanntermaßen nicht brennbar. Wasser ist die einzige chemische Verbindung auf der Erde, die in der Natur als Flüssigkeit, als Festkörper und als Gas vorkommt. Bei der Verwendung in einer Kälteanlage tritt es flüssig und gasförmig auf, wobei der thermodynamische Kreisprozess im Vakuum verläuft.*

Die Dichte von flüssigem Wasser beträgt auch im Vakuum 1.000 kg/m³, die vom Dampf hingegen ca. 20 g/m³. Das ist ein für die Kältetechnik sehr großes Verhältnis. Wegen der geringen Gasdichte muss das Verdichterkonzept so gewählt werden, dass keine Nachteile durch die geringe volumetrische Kälteleistung von Wasser oder durch zusätzliche Druckverluste beim Ansaugen durch den Verdichter entstehen.

Wenn dies beachtet wird, hat Wasser ansonsten exzellente stoffliche und thermodynamische Eigenschaften, ist unkompliziert und leicht verfügbar. [9-17]

Die vorhandenen technischen Nachteile von Wasser als Kältemittel kann der Mensch heute beherrschen. Sie spielen in der Natur jedoch keine entscheidende Rolle. Denn die Konzentration auf kleine, technische Einheiten mit hoch konzentrierter Leistung ist da nicht notwendig. Die ganze Erde bietet ausreichend Platz für eine Kältemaschine, die die bodennahe Temperatur bestimmt. Hinzu kommt, dass wir uns faktisch auf der Verdampferfläche dieser Kältemaschine befinden. Diese Kältemaschine wird nach dem Prinzip des Direktverdampfers betrieben.

Zu unserem Glück allerdings begnügt sich die Schöpfung mit einer Zieltemperatur, die weit vom Siedepunkt entfernt liegt. Das wäre für den Techniker, der möglichst hohen Gewinn anstrebt, kontraproduktiv. Der Techniker optimiert Druck- und Temperaturverhältnisse auf maximalen Gewinn.

Die Schöpfung allerdings hat ein anderes Verständnis von Effizienz. Sie braucht keine Konzentration des Gewinns auf kleine Anlagen oder Zielgruppen. Dafür hat sie Zeit und Raum im Überfluss und strebt nach einem möglichst moderaten Ausgleich der Verhältnisse.

Gleichzeitig weist das verwendete Kältemittel weitere wichtige Eigenschaften auf, die Klima und Leben auf Erden in der uns bekannten Form ermöglichen. Wir wollen daher bei Wasser eher von einem Klimamittel als einem Kältemittel sprechen.

9.8.2. Wasser ist Klimamittel und Lebensmittel

Boden, Wasser und Luft sind die ideale Kombination um auf der Erde ein lebenswertes Klima zu garantieren. Diese Faktoren sorgen, in Kombination mit der Energielieferung durch die Sonne, für den richtigen Klimazustand. Ohne Zutun der Menschheit hat das über Jahrmillionen funktioniert. Im Unterschied zu anderen Planeten in unserem Sonnensystem konnte sich auf der Erde Leben entwickeln. Dies trotz der unterschiedlichsten Katastrophen, die die Erde trafen. Von heftigen Vulkanausbrüchen, Eiszeiten bis zu Meteoriteneinschlägen reicht das Spektrum der Krisenszenarien. Natürlich sind manche Arten ausgestorben. Das Leben insgesamt konnte sich aber immer an die Änderungen anpassen.

Wasser ist unabdingbar für das Leben insgesamt und ganz besonders auch für den Menschen. Ohne Nahrung kann der Mensch relativ lange auskommen. Ohne Wasser hingegen nur wenige Tage. Wasser ist gleichzeitig auch der wichtigste Stoff, um den Klimaprozess zu regulieren.

Voraussetzung für die Bedeutung des Wassers als Transport- und Regelelement im Klimakreislauf sind seine Temperatureigenschaften. Wir haben in Bild 9-19 die relevanten Temperaturverhältnisse schematisch dargestellt. Die linke Skala zeigt das unmittelbare, aber außerirdische Umfeld. Dem leeren Weltall um unseren Planeten herum kann eine Temperatur von -270 Grad Celsius zugeordnet werden. Dieser Wert von minus 270 Grad Celsius ist sozusagen die normale, völlig lebensfeindliche Umgebungstemperatur unserer belebten Erde. Die Hintergrundstrahlung des Weltalls bestimmt diesen Wert. Er liegt knapp über dem absoluten Nullpunkt und ist das Resultat des Urknalls. Die Wärmeabgabe der Erde erfolgt gegenüber diesen Außenbedingungen.

Am oberen Ende der linken Skala haben wir einen Temperaturwert von 5.505 °C angegeben. Diese stellt die Oberflächentemperatur der Sonne dar. Sie ist für die Energieübertragung entscheidend und bestimmt den Frequenzbereich der elektromagnetischen Strahlung, die unseren blauen Planeten erreicht.

Die Sonne im Zentrum unseres Planetensystems liefert die nötige Energie und ist Grundvoraussetzung dafür, dass Leben in einem extrem kalten Umfeld möglich ist.

Die gesamte Skala auf der linken Seite des Bildes umfasst also einen Bereich von minus 270 bis plus 5.505 Grad Celsius [9-15]. Der Werteunterschied beträgt somit beinahe 6.000 Einheiten (Grad bzw. Kelvin).

Für das irdische Leben und das bodennahe Klima ist jedoch die rechte Skala entscheidend. Sie zeigt jenen Temperaturbereich in dem der wichtigste Grundstoff des Lebens in flüssiger Form vorliegt. Bei 0°C gefriert Wasser und wird zu Eis. Dieser Wert stellt das untere Ende der rechten Skala dar. Das obere Ende ist durch die Siedetemperatur gekennzeichnet. Sie entspricht einem Wert von 100°C.

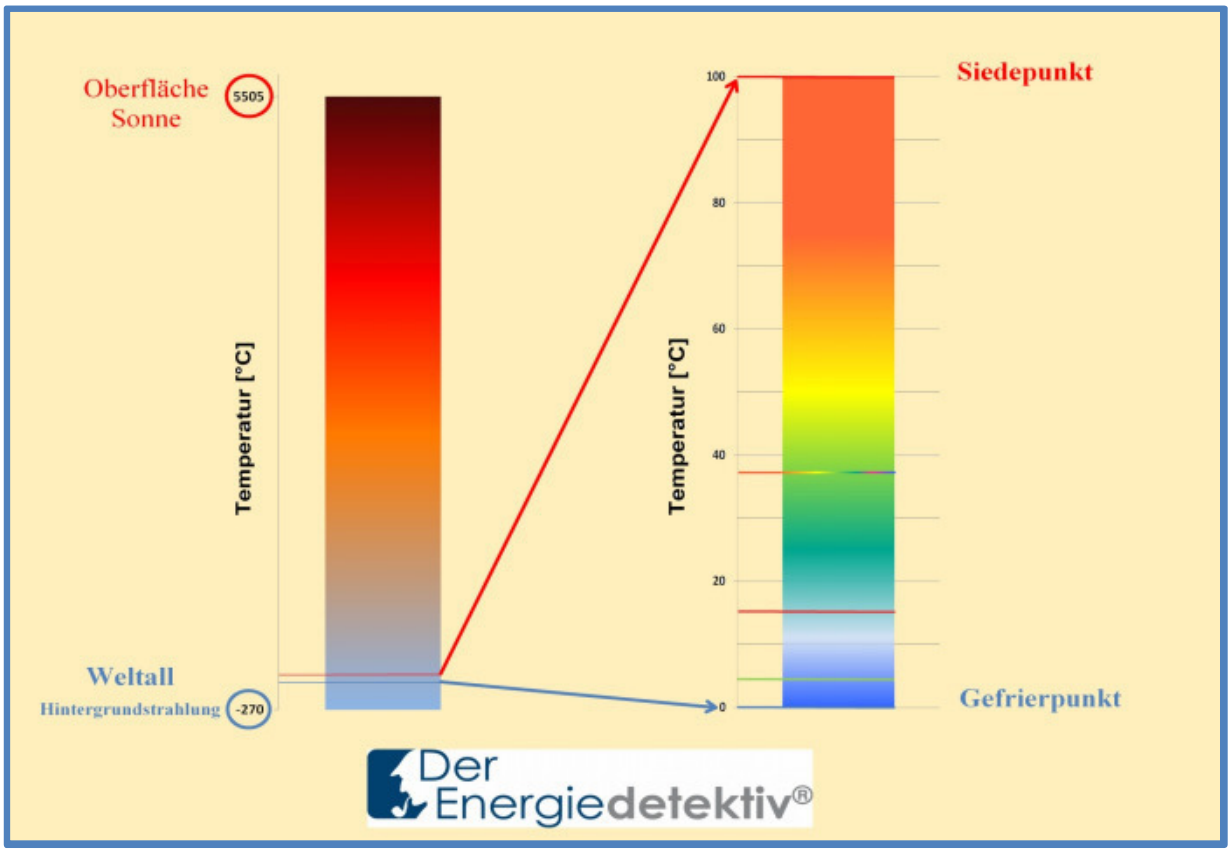

Bild 9-19: Darstellung der für das irdische Klima maßgeblichen Temperaturwerte. Diese sind in Grad Celsius angegeben. Die rechte Skala zeigt den entscheidenden Temperaturbereich für flüssiges Wasser. Das stellt nur einen engen Bruchteil der uns umgebenden Temperaturverhältnisse im Weltall dar, wie die linke Skala verdeutlicht

Zu betonen ist, dass es sich hierbei um die Temperaturwerte nach der Celsius-Skala handelt. Sie bezieht sich auf Normaldruck. Natürlich kommen in unserem bodennahen Umfeld auch andere Temperatur- und Druckwerte vor.

Zur Erklärung der entscheidenden Eigenschaften von Wasser für Leben und Klima auf der Erde ist die Celsiusskala ideal. In diesem Bereich liegen die für das Leben maßgeblichen Temperaturwerte, die wir im Folgenden diskutieren wollen.

Zusätzlich zu den beiden Grenzwerten (Siedetemperatur, Gefrierpunkt) haben wir noch andere Temperaturwerte auf der rechten Skala in Bild 9-16 farblich markiert. Zwei Werte davon wollen wir zu Beginn in Erinnerung rufen. Denn sie stellen den Wertebereich dar, um den sich die menschlichen Bemühungen konzentrieren.

Etwas unterhalb des 20°C-Wertes, bei einem Wert von 15°C wird der Leser eine rote Linie feststellen können. Dies ist die mittlere globale Oberflächentemperatur der Erde. Dies ist sozusagen der Normalwert an Temperatur, dessen Konstanz man anstreben möchte. Ein Anstieg um 2 Grad würde also einen Anstieg der mittleren Temperatur von 15 auf 17°C bedeuten.

Deutlich oberhalb dieser markierten roten Linie ist dann eine weitere, mehrfärbige Linie vorhanden. Diese dient als jedermann bekannte, aber in der Klimadebatte meist nicht sehr bewusste Referenzlinie. Es ist die Körpertemperatur des Menschen bei 37°C. Sie ist sozusagen der Normalwert für den Menschen. Der gesunde menschliche Körper reguliert auf diesen Wert hin. Durch Verbrennung von Nahrung versucht der menschliche Organismus diesen Wert möglichst genau einzuhalten.

Nun kann man sich die Frage stellen, warum die Evolution beim Menschen diese Körpertemperatur entwickelt hat. Da die Nahrungs- bzw. Energieversorgung die wichtigste Eigenschaft für jedes Leben darstellt, wäre es vernünftig anzunehmen, dass die Evolution alles daran setzt, den Energiebedarf der Lebewesen zu minimieren. Was nichts anderes heißt, als die Wärmeverluste möglichst gering zu halten. Säugetiere mit ähnlichen Körpertemperaturen haben ein Fell. Manche Tiere fallen in Winterschlaf, um in der kalten Jahreszeit die Verluste zu minimieren.

Der Mensch als der „Höhepunkt“ und vielleicht auch „Endpunkt“ der Evolution hat das nicht. Er hat kein Fell, sondern nur einen sehr eingeschränkten Haarwuchs, der kaum eine thermische Schutzfunktion darstellt. Aus energietechnischer Sicht würde das den Schluss nahelegen, dass der menschliche Organismus für höhere Temperaturen

optimiert ist. Ab etwa 30°C beginnt der Mensch zu schwitzen. Das wäre sozusagen das Notsystem bei Überhitzung.

Als Techniker würde man nun vermuten, dass die Evolution daher von einer mittleren Umgebungstemperatur von wenigen Graden unter 30°C ausgegangen sein dürfte. Denn dann wären die Energieverluste des nackten menschlichen Körpers wohl minimiert. In einem solchen Umfeld wäre der Nahrungsbedarf zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur am geringsten. Aber das sind natürlich nur Gedanken eines Ingenieurs. Biologen mögen hier vielleicht andere Erklärungen haben.

Heute streben die Menschen meist eine Umgebungstemperatur um 20 bis 22°C an. Dies allerdings nur während des Alltags und der damit verbundenen Bekleidung und Lebensweise. Im Urlaub, wenn wir uns so richtig unbeschwert und wohl fühlen wollen, genießen die meisten Menschen höhere Temperaturen bei geringerer Bekleidung. Sei es in der Therme oder am Strand.

Auch dieses natürliche Bestreben des Menschen nach derartigen Umgebungstemperaturen scheint uns eher ein Hinweis auf höhere Auslegungstemperaturen der Evolution zu sein. Wir können somit also unsere Existenz und unsere Bestrebungen im Klimaschutz auf der Celsiusskala etwas näher einordnen.

Für die klimastabilisierenden Eigenschaften der Wassers sind die beiden Grenzwerte für flüssiges Wasser (Gefrierpunkt bzw. Siedepunkt) entscheidend. Sie stellen gleichzeitig auch wesentliche, existenzbedrohende Barrieren für das Leben dar. Wir wollen im Folgenden die Eigenschaften des Wassers in diesem Zusammenhang näher kennenlernen. Beginnen wir zuerst beim Siedepunkt des Wassers.

9.8.3 Siedepunkt, Verdampfung und Verdunstung

Die höchste Temperatur auf unserer rechten Temperaturskala entspricht dem Wert 100°C. Dies ist die Siedetemperatur des Wassers bei Normaldruck. Wird in diesem Zustand mehr Energie einem Kochtopf zugeführt, steigt die Temperatur des Wassers nicht mehr an. Stattdessen verdampft das ganze Wasser. Der Dampf steigt dann aus dem Topf auf.

Die dem kochenden Wasser zugeführte Energie dient hier ausschließlich zur Erzeugung von Dampf. Sämtliche Energie geht in die Änderung des Aggregatzustands von flüssig auf gasförmig. Das flüssige Wasser selbst im Topf bleibt immer bei der Siedetemperatur. Sofern genügend Wasser vorhanden ist, wird also die Siedetemperatur im Topf nicht überschritten. Insofern stabilisiert dieser Wert die mögliche Obergrenze der Temperatur solange flüssiges Wasser verfügbar ist.

Diese stabilisierende Funktion wird klar, wenn man den Aufwand zum Verdampfen dem Aufwand zur normalen Temperaturerhöhung gegenüberstellt: Der Energieaufwand, um einen Liter Wasser zu verdampfen ist sehr hoch. Er beträgt etwa 0,628 kWh bzw. 2260 kJ/kg. Damit könnte man zum Beispiel aber auch 540 Liter Wasser um ein Grad erwärmen.

Es handelt sich also um eine beachtliche Menge an Energie die zur Verfügung stehen muss, um einen Liter Wasser zu verdampfen. Der Verdampfungsprozess ist ein Vorgang bei dem eine große Wärmearbeit zu leisten ist. Das gilt auch für den Vorgang der Verdunstung bei Temperaturen unter dem Siedepunkt. Die dafür benötigte Wärmemenge entspricht der Verdampfungswärme und wird meist der Flüssigkeit oder einer heißen Fläche (z.B. hoch absorbierenden Bodenflächen) entzogen. Diese kühlt sich in der Folge ab. Es entsteht sozusagen „Verdunstungskälte“.

Auf diese Tatsache haben wir schon in Kapitel 7 in Zusammenhang mit der Verdunstung über Pflanzen hingewiesen. Von Verdunstung spricht man, wenn der Siedepunkt zwar noch nicht erreicht ist. Aber dennoch schon Wasser bei niedrigeren Temperaturen den Aggregatzustand ändert.

Wie schnell Wasser verdunstet, ist abhängig von der Temperatur und von der Größe der betroffenen Oberfläche. Außerdem hängt die Verdunstung vom bereits vorhandenen Wassergehalt der Luft, aber auch von den Druckverhältnissen ab. Die Verdunstung ist umso stärker, je höher die Temperatur ist, je größer die Oberfläche zur Verdunstung ist und je mehr trockene Luft vorhanden ist, die den Wasserdampf aufnimmt.

Man kann sich das gut an der feuchten Wäsche, die auf einer Wäscheleine hängt, vor Augen führen. Warmer, aber trockener Wind führt zum raschen Trocknen der Wäsche. Dem Wäschestück wurde dabei allerdings Energie entzogen, die sich nun als Dampf in der fortgeführten Luft befindet. Der Wind hat sozusagen zu einem Trocknungseffekt geführt, der aber auch einen Kühleffekt darstellt.

Wenn es nun um die Verdunstung bei Vegetation oder Wasserflächen geht, wird meist nur der Kühleffekt wahrgenommen. Unser Temperaturempfinden zeigt uns das. Der Trocknungseffekt hingegen wird solange nicht wahrgenommen, solange ausreichend Wasser im Boden, See, Teich oder Meer vorhanden bleiben. Aber natürlich ist mit dem Kühleffekt durch Verdunstung immer auch ein Trocknungsprozess gegeben. Wasser wird in Form von Dampf abtransportiert.

Der Verdunstungseffekt ist also ein ganz wesentlicher Effekt, der die Temperatur und den Wasserhaushalt beeinflusst. Bei diesem Prozess erfolgt eine Änderung des Aggregatzustands, was mit einem hohen Energieeinsatz verbunden ist. Dies entspricht dem Kühleffekt an der Verdunstungsfläche.

Trockene Luft fördert also den Verdunstungseffekt und damit den Kühleffekt an der Übergangsfläche. Stehende Luft weist durch die Verdunstung dann eine zunehmende Luftfeuchtigkeit auf. Damit sinkt die Verdunstungsrate von selbst. Um den Trocknungseffekt durch Verdunstung hoch zu halten, ist also eine ausreichende Luftbewegung erforderlich, die frische, trockene Luft zur Verdunstungsfläche bringt. Das ist der Grund, warum feuchte Wäsche im Wind rascher trocknet.

Der Trocknungseffekt funktioniert allerdings auch bei recht kalten Temperaturen. Früher nutzte man auch Minusgrade im Freien, um die Wäsche auf der Wäscheleine ohne großen Energieeinsatz zu trocknen. „Ausfrieren“ nannte man diesen Vorgang

und mancher schwärmt heute noch von dieser energiesparenden Trocknung. Denn die Wäsche soll danach ganz besonders gut gerochen haben.

Der Vorgang dabei ist vorerst ganz einfach: die Wäsche wird ins Freie gehängt und gefriert. Es bildet sich Eis. Die Wäschestücke werden hart. Läßt man die Wäsche nun ausreichend lange hängen, dann verschwindet das Eis allmählich. Die Wäsche wird wieder weich und flattert im Wind

Das Eis hat sich im wahrsten Sinne des Wortes "verflüchtigt". Bei Temperaturen unter Null Grad und unter normalen Luftdruckbedingungen, wie wir sie kennen, existiert kein flüssiges Wasser, aber festes (Eis, Schnee) und gasförmiges (Wasserdampf) Wasser. Ist die Luft trocken genug, d.h. hat sie eine geringe Luftfeuchte, dann kann es zu einem physikalischen Vorgang kommen, bei dem Wasser direkt vom festen in den gasförmigen "Aggregatzustand" übergeht. Diesen Vorgang nennen Physiker die "Sublimation".

Die Sublimation geht am schnellsten, je trockener die Luft ist. Genau wie im Sommer hilft dabei auch ein kräftiger Wind, der den entstandenen Wasserdampf von der Wäsche wegtransportiert [9-18].

Was hier passiert ist der direkte Übergang vom festen Aggregatzustand (Eis) in den gasförmigen Zustand (Wasserdampf). Diese wird Sublimation genannt [9-19]. Dabei existiert kein flüssiger Zustand als Zwischenlösung. Der Übergang findet direkt vom festen in den gasförmigen Zustand statt.

Bei der Sublimation wird die sogenannte Sublimationswärme aufgenommen. Sie besteht aus Schmelz- und Verdampfungswärme. Sie ist damit wesentlich größer als die Verdampfungswärme alleine. Auch hier ist der Wind wesentlich beteiligt. Denn Temperatur, Druckverhältnisse und Luftfeuchtigkeit sind entscheidend, damit dieser Vorgang stattfinden kann.

Immer dann, wenn der Wind eine Rolle bei solchen Vorgängen spielen kann, ist ein möglicher Einfluss auf diese Prozesse auch durch die Nutzung der Windenergie zu erwarten. Verdunstung und Luftbewegung (Wind) gehören zusammen!

9.8.4 Gefrierpunkt – wenn es eisig wird

In Zusammenhang mit dem Ausfrieren der Wäsche müssen wir uns nun mit dem unteren Ende der rechten Skala in Bild 9-19 beschäftigen. Diese ist durch den Gefrierpunkt gekennzeichnet.

Der Gefrierpunkt liegt unter Normalbedingungen bei Null Grad Celsius. Bei dieser Temperatur erfolgt der Übergang des Aggregatzustands von flüssig auf fest. Das Wasser erstarrt und wird zu Eis. Um Wasser zum Erstarren zu bringen, muß dem Wasser Wärme entzogen werden. Im umgekehrten Fall muß Wärme zugeführt werden, um erstarrtes Wasser zu schmelzen. Die für die Zustandsänderung erforderliche Wärme beträgt 334 kJ/kg bzw. 92,6 Wh/kg. Mit der gleichen Energie könnte flüssiges Wasser von Null auf 80 Grad erwärmt werden.

Wir sehen daher auch hier eine „Speicherfähigkeit“ für Energie im Übergang des Aggregatzustands. Es handelt sich um eine natürliche Barriere vor weiteren Temperaturänderungen. Dieser Effekt wird beim Eis dazu genutzt, um sozusagen Kälte zu speichern. Schmelzendes Eis macht diese Kälte verfügbar. Der alte Eiskasten zur Kühlung im Haushalt oder die Eiswürfel im Cocktailglas sind solche Nutzanwendungen.

Wasser hat damit die erstaunliche Eigenschaft eines relativ breiten Temperaturbereichs zwischen dem Gefrierpunkt und dem Siedepunkt und sehr ausgeprägten Schwellen für das Überschreiten oder Unterschreiten dieser Grenzen. Die für die Änderung des Aggregatzustands erforderliche Wärme nennt man auch Schmelzwärme bzw. Verdampfungswärme. Um diesen Effekt energetisch noch zu verdeutlichen haben wir in Bild 9-20 die Celsiusskala mit den entsprechenden Energiewerten ergänzt.

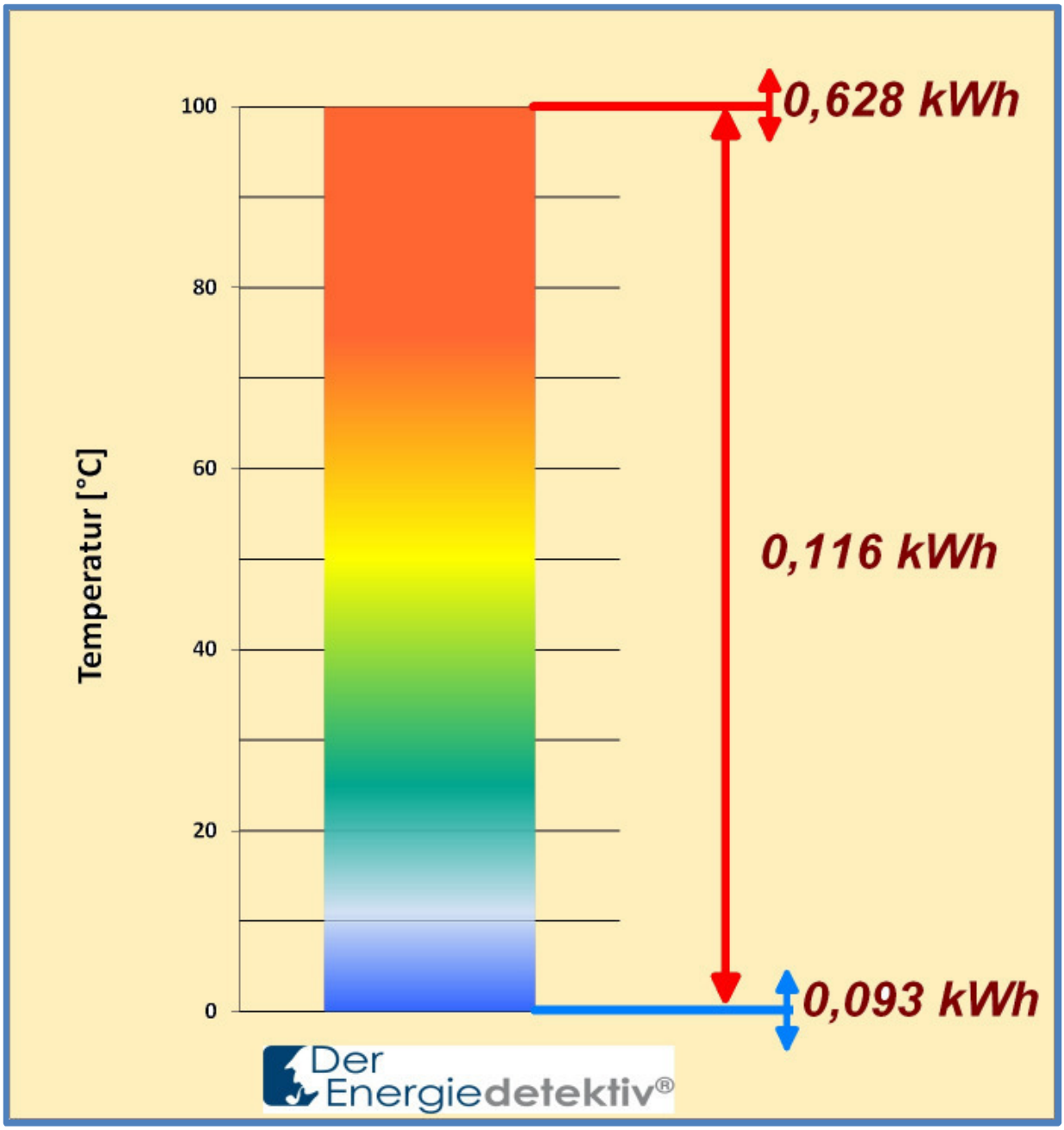

Bild 9-20: Die Temperaturskala für Wasser. Die hohe spezifische Wärmekapazität, sowie Schmelzwärme und Verdampfungswärme machen Wasser zum idealen Medium (Kältemittel bzw. „Klimamittel“) um das irdische Klima zu stabilisieren

Man kann allerdings den Energieaufwand noch anders verdeutlichen. Das haben wir mit Bild 9-21 versucht. Hier ist der Energieaufwand zur Zustandsänderung für ein Kilogramm (Liter) Wasser dargestellt. Beginnend mit einem Eiswürfel bei minus 10 Grad wird das Wasser erwärmt und zum Verdampfen gebracht. Der Dampf erreicht über 100 Grad.

Im Bild ist nun auf der vertikalen Achse der Energieeinsatz in Kilowattstunden angegeben. In dieser Darstellung wird erkennbar, welche großen „Hemmschwellen“ der Schmelzpunkt bzw. Siedepunkt darstellen.

Beide Änderungen des Aggregatzustands sind wichtige Barrieren im irdischen Klimasystem. Sie stabilisieren sämtliches Geschehen im „lebenswerten Bereich“ zwischen Eisbildung und Verkochen.

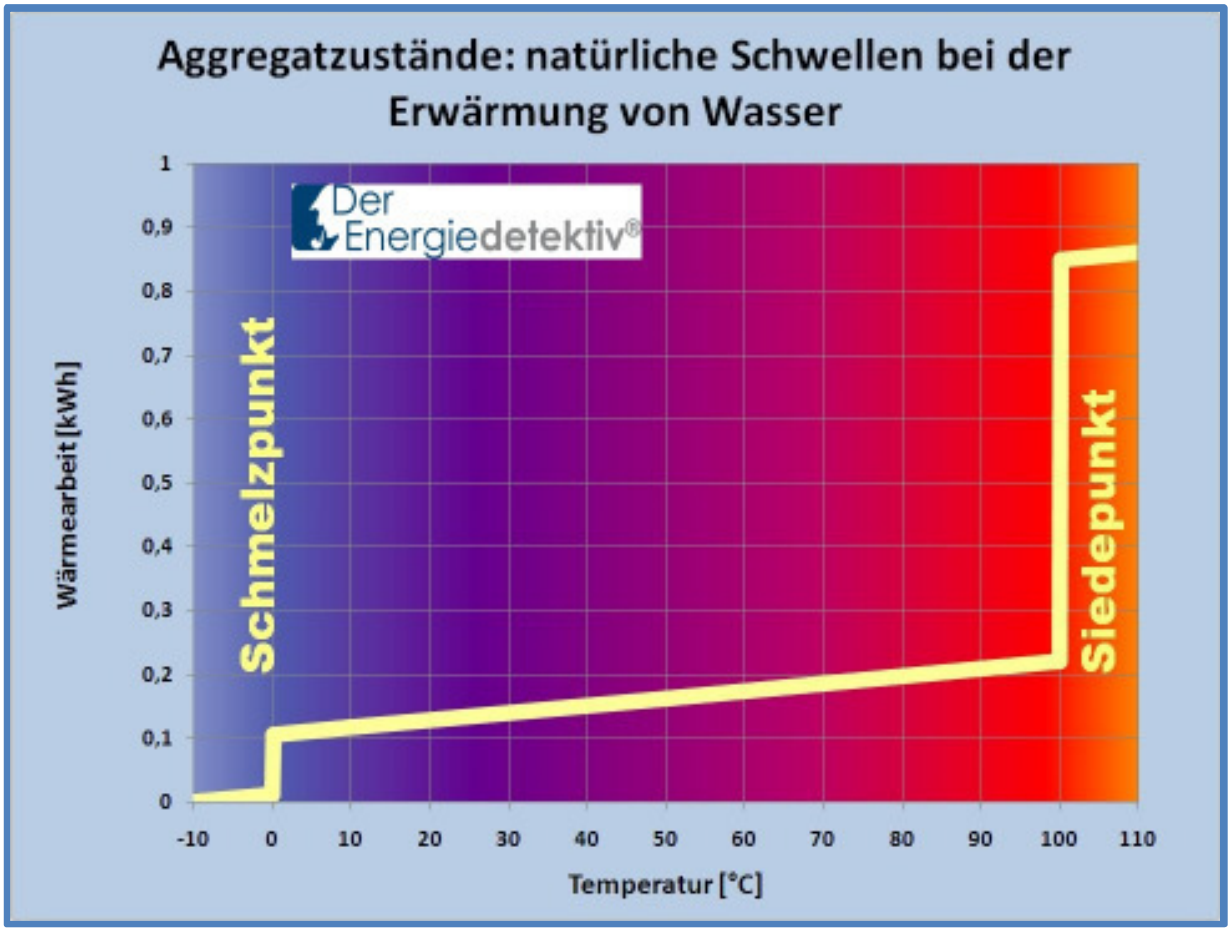

Bild 9-21: Der Energieaufwand zur Erwärmung von Wasser ist hier beginnend mit einem Eiswürfel bei -10 °C bis zum völligen Verdampfen des Wasser dargestellt. Der Schmelzpunkt (Eis zu flüssigem Wasser) und der Siedepunkt (flüssiges Wasser zu Dampf) stellen hohe energetische Barrieren dar. Dies sind natürliche und fundamentale Größen zur Stabilisierung des irdischen Klimageschehens!

Diese Darstellungen sollten verdeutlichen, welche hohe Bedeutung der Übergang der Aggregatszustände für das Temperaturverhalten hat. Denn der hohe Energieaufwand zur Überwindung der Aggregatzustände ist entscheidend für die Energiebilanz und das Klima auf Erden. Nur aufgrund dieser Zustandsänderungen

funktioniert die irdische Klimaanlage so, dass wir hier weitgehend angenehme, wenn auch gelegentlich variierende Klimazustände vorfinden.

Die Zusammenhänge haben wir hier unter Normalbedingungen beschrieben. Das bedeutet wir sind von einem konstanten Normaldruck ausgegangen. Änderungen bei den Druckverhältnissen führen zu Änderungen bei den angegebenen Werten. Dabei verschieben sich auch Gefrierpunkt und Siedepunkt.

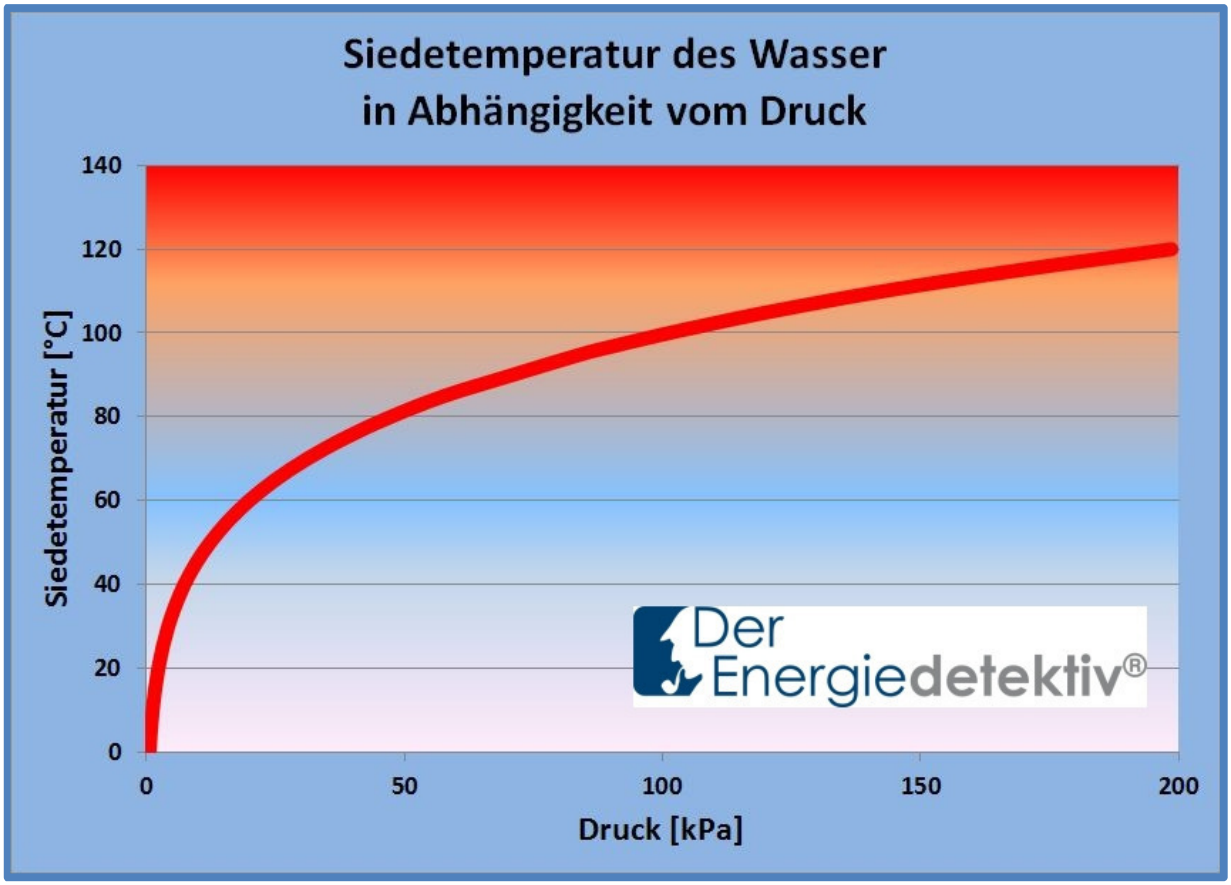

Bild 9-22: Die Siedetemperatur des Wassers hängt vom Druck ab. Bei niedrigem Luftdruck kommt Wasser rascher zum Sieden

Dieser Effekt wurde früher zum Beispiel dazu verwendet, um Höhenmessungen vorzunehmen. Europäische Forscher, die ferne Kontinente erkundeten, haben die Höhe von Bergen einfach durch ein Thermometer festgestellt. Wasser wurde zum Sieden gebracht und dann aus der angezeigten Siedetemperatur der Luftdruck ermittelt. Das aber ließ wieder einen Rückschluss auf die Höhe des Berges aufgrund des Luftdrucks zu. Entdeckungen und Beschreibung der Welt setzte fundamentale Kenntnisse der Physik voraus. Bild 9-22 zeigt den Zusammenhang von Siedetemperatur und Druck anhand von Daten aus [9-42].

Wasser kann sogar bei Raumtemperatur sieden. Das kann auch mancher Kunde von „Der Energiedetektiv" beweisen. Ernst Schrempf, Schlossherr vom Schloßhotel Thannegg-Moosheim ist erfolgreicher Unternehmer, Pionier, Tüftler und mehrfach ausgezeichneter Energiesparer [9-20].

In der Küche des Schloßhotels zeigte er uns einmal diesen Effekt. Ein ganz normales Vakuumiergerät seiner Großküche brachte ein Glas handwarmes Wasser zum kochen. Geringer Druck sorgt für niedrige Siedetemperatur, hoher Luftdruck kann andererseits den Gefrierpunkt auch etwas senken.

Wer die Zusammenhänge von Wasser und Luftdruck verstehen will, braucht somit nur Urlaub in den steirischen Bergen zu machen. Dort sieht und lernt man mehr als an mancher Universität.

Der Zusammenhang zwischen Verdunstung, Temperatur und Luftdruck ist ganz wesentlich für das Verständnis des Klimageschehens. Von großer Bedeutung ist dies in Zusammenhang mit Wind bzw. Luftströmungen. Es ist wichtig zu erkennen, dass Druckänderungen zu Änderungen bei den energetisch relevanten Eigenschaften von Wasser führen.

9.8.5 Kondensation

Wir wollen uns überlegen, wie der Wasserdampf der Luft wieder in die flüssige Form übergehen kann. Dies geschieht durch die sogenannte Kondensation. In einer Kälteanlage ist dies jener Bereich, der für den endgültigen Abtransport der Wärme aus der Anlage zuständig ist.

In einer Kältemaschine, wie beispielsweise einem Kühlschrank gibt es eine Verdampferfläche und einen Kondensationsbereich. Beim Verdampfer wird sozusagen „Kälte“ produziert. Das Kältemittel entzieht dem Kühlraum Wärme und verdampft dabei. Diese Wärme muss nun aus der Anlage abtransportiert werden.

Dies geschieht beim Kondensator bzw. Verflüssiger. Hier wird die Wärme nach außen abgegeben. Dazu wird am Verflüssiger der Kältemitteldampf abgekühlt, indem die Wärme an die Außenluft abgegeben wird. Die Außenluft kühlt das Kältemittelgas so weit ab, bis die Sättigungstemperatur erreicht ist. Dann verwandelt sich das Gas unter Abgabe der gespeicherten Wärme in Flüssigkeit. Dieser Vorgang von Verdampfung zu Kondensation ist entscheidend für den Wärmetransport in der Kältemaschine. Nur so kann die gewünschte Kühltemperatur erreicht werden.

Im Klimasystem der Erde ist das nicht viel anders. Hier ist Wasser das Kältemittel. Die Erdoberfläche (Boden, Wasserflächen, Meere) kann als die Verdampferfläche der Klimaanlage bezeichnet werden, an der die gewünschte Temperatur erreicht werden muss. Über den Ozeanen der Erde werden 85% der Strahlungsbilanz der Erdoberfläche durch Verdunstung und nur 15% durch unmittelbare Wärmeabgabe an die Atmosphäre ausgeglichen [7-6].

Bei der Kondensation wird die im Dampf gespeicherte Wärme abgegeben und es kommt wieder zur Bildung flüssigen Wassers. Jeder Brillenträger kennt diesen Effekt. Wenn man mit Brille im kalten Winter einen warmen Raum betritt, ist augenblicklich die Sicht weg. Der Wasserdampf der warmen Luft kondensiert am kalten Brillenglas. Die Brille beschlägt sich mit unzähligen feinen Wassertröpfchen.

Bild 9-23: eine Gewitterfront zieht durch die Südsteiermark und begleitet den Autor bei der Heimfahrt von einem Beratungstermin. Ein Teil der Wassermenge in den Wolken regnet durch Kondensation ab und erreicht den Maisacker im Bodenbereich

Bild 9-24: der Wind hat die Wolken zur Straße geführt, auf der der Autor nach Hause fährt. Der Regen trifft auf die heiße Asphaltfläche und verdunstet sofort wieder. Dabei nimmt das Wasser Wärme auf, verdunstet und transportiert die Energie in höhere Schichten der Atmosphäre. Teile des Wassers erreichen die Vegetation am Rand

Unter Wirkung der Schwerkraft fällt dieses abgekühlte flüssige Wasser wieder zur Erde. Die Kondensation ist der Grundprozess jeder Bildung von flüssigem Niederschlag aus Wasserdampf sowie der Nebel- und Wolkenbildung. Der Wärmehaushalt und die Energieverteilung auf der Erde werden durch Verdunstung und Kondensation entscheidend geprägt [9-28].

So schließt sich auch der Kreislauf des Lebensmittels Wasser und des Kältemittels Wasser für die Klimaanlage der Erde. Die Bilder 9-23 und 9-24 dokumentieren diesen Vorgang anhand einer Gewitterfront in der Südsteiermark. Sie zeigen dabei exemplarisch den Vorgang von Kondensation und Niederschlag sowie die unmittelbar folgende Verdunstung am heißen Boden.

Der heiße Asphaltboden in Bild 9-24 dokumentiert faktisch die Verdampferfläche der irdischen Kühlanlage. Hier erfolgen über die Verdunstung und neue Nebel- bzw. Wolkenbildung ein sofortiger Energieausgleich und ein Schutz des Bodenbereichs vor zu starker Überhitzung. Nicht sofort verdunstetes Wasser erreicht dann die Vegetation und sorgt über die Photosynthese für Leben und langfristigen Energieausgleich. Licht und Wasser ermöglichen der Pflanze die Einlagerung von Sonnenenergie zu späteren Nutzung. Der dabei vorhandene ständige Verdunstungsprozess ermöglicht das Leben der Pflanze und eine ständige leichte Kühlung des Bodenbereichs.

Der prinzipielle Vorgang unserer irdischen Klimaanlage sieht somit wie folgt aus:

- Verdunstung mit gleichzeitiger Kühlung der Oberfläche
- Aufsteigender Wasserdampf mit Materietransport entgegen dem Schwerefeld der Erde
- Wärmetransport in höhere Atmosphärenschichten
- Wärmeabgabe durch Strahlung; auch nach außen (Weltall)
- Kondensation und Niederschlag mit Rückkehr des Klimamittels Wassers an die Erdoberfläche.

Der Wasserkreislauf trägt damit einerseits zur Temperaturverteilung im Klimasystem bei. Er sorgt für eine gleichmäßigere Verteilung der Energiebelastung durch seine Transport- und Kühlmöglichkeiten.

Der Wasserkreislauf über die Verdunstung trägt aber auch zur Wärmeabgabe nach außen und zum Schutz des Temperaturniveaus im Bodenbereich bei. Wolken können den Boden vor erhöhter Temperaturbelastung schützen, indem sie Sonneneinstrahlung abhalten. Sie reflektieren und absorbieren Sonnenstrahlung. Sie tragen aber auch durch Strahlungsemission dazu bei, Energie wieder ins Weltall abzugeben.

Wasser ist damit der wichtigste Stoff auf Erden. Wasser wirkt als Lebensmittel, als Kühlmittel bzw. Kältemittel und als Treibhausgas. Alle Faktoren gemeinsam sind für das irdische Klima relevant und sorgen, ebenso wie Wind automatisch aufgrund der Naturgesetze für ein vernünftiges Temperaturniveau im Bodenbereich.

Der Zustand der Luft (Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit) ist entscheidend für die jeweiligen Bedingungen in diesem Kühlsystem. Mit einer Änderung im bodennahen Luftkreislauf ist daher sicher auch eine Änderung der Verdunstungsvorgänge verbunden.

Jeder Eingriff in die natürlichen Ausgleichsströmungen von Luft und Wasser ist ein Eingriff in den Klimahaushalt selbst. Dies gilt für Wind, aber ebenso auch für den Wasserhaushalt. Der Mensch ist derzeit in beiden Bereichen dabei die sensible Regelung von „Gottes Klimaanlage“ zu verstellen. Das kann und wird nicht ohne Konsequenzen bleiben!

9.9 Der Wind und das Klimamittel Wasser

Jede Wäscheleine beweist, welcher Zusammenhang zwischen Wind und Verdunstung besteht. Die feuchte Wäsche trocknet umso rascher, je stärker (und trockener) der Wind ist. Gleichzeitig erfolgt aber auch ein Energietransport, der einen Kühleffekt für die betreffende Oberfläche ergibt.

Dieser Kühleffekt wird an der Wäsche zwar bewusst nicht wahrgenommen. Am eigenen Körper merkt man das aber sehr schnell. Dazu braucht man sich nur mit nasser Haut in den Wind zu stellen. Dieses Experiment sei jedem empfohlen, der immer noch die Vermutung hegt, die Nutzung der Windenergie hätte keinen Einfluss auf das Kleinklima in Bodennähe. Natürlich wird der kühlende Effekt durch Verdunstung geändert, wenn die Windgeschwindigkeit geändert wird. Warum sonst flüchtet man in den Windschatten?

Damit wird bei einer Änderung der Luftströmungen durch die Nutzung der Windenergie (Entnahme kinetischer Energie, geänderte Luftgeschwindigkeiten und Veränderung der bodennahen Strömungsverhältnisse) auch eine gewisse klimatische Änderung verbunden sein. Betroffen ist vorerst scheinbar nur das Kleinklima auf eine kaum beobachtbare Weise.

In Wirklichkeit dürfte die großtechnische Anwendung allerdings zumindest langfristig auch zu größeren Wirkungen führen. Diese betreffen eventuell nur geringere Temperaturunterschiede, aber dafür größere Flächen. Da die Biosphäre unmittelbar davon betroffen ist, kann es zu Akkumulationseffekten kommen, die ähnlich wie bei Solaranlagen über Freiflächen erst langsam sichtbar werden.

Der Luftdruck hat einen großen Einfluss auf die Eigenschaften von Wasser und seine Aggregatzustände. Die Druckabhängigkeit von Kältemitteln ist die wesentliche Eigenschaft, die in unseren heutigen technischen Kälteanlagen genutzt wird. In diesen Maschinen besteht ein Kreislauf zwischen Verdampfung und Kondensation. Die Kälteerzeugung erfolgt im Verdampfer und wird über die Verdampferfläche genutzt.

Nun kann man die Erdoberfläche als Verdampferfläche der irdischen Klimaanlage verstehen. Der Kühleffekt erfolgt zwar durch Verdunsten bei Temperaturen bereits unterhalb der Siedetemperatur des Klimamittels Wasser. Aber dieser Kühleffekt wird maßgeblich durch Luftverhältnisse (Druck, Temperatur, relative Feuchte) beeinflußt.

Das „Anzapfen“ der Windenergie ist nichts anderes, als eine Luftströmung aufgrund unterschiedlicher Druckverhältnisse zu nutzen. Die Umwandlung der Windenergie in elektrische Energie verändert lokal die Luftgeschwindigkeit und Druckverhältnisse.

Es ist daher nur vernünftig anzunehmen, dass damit auch die Verdunstungsverhältnisse verändert werden. Das würde aber bedeuten, dass nicht nur in den Kühleffekt durch den Transport von warmer Luft (Konvektion) eingegriffen wird, sondern auch in den Verdunstungseffekt.

Dieser Verdunstungseffekt hat aber eine viel größere Kühlwirkung als die reine Konvektion. Die Internet-Enzyklopädie Wikipedia hält unter dem Stichwort „Kältemaschine“ zur Kühlung durch Verdunstung fest:

> *„Die Verdunstungskühlung ist ein durch Phasenübergang verstärkter Wärmetransportprozess von hoher zu niedriger Temperatur und damit ein selbst ablaufender, „rechtsläufiger“ Kreisprozess. Deshalb wird bis auf den Transport von Luft und Wasser keinerlei mechanische, elektrische oder thermische Energie benötigt.“* [9-21]

Dazu wird folgendes Experiment angeführt: wenn wir einen nassen Finger in den Wind halten wird der Effekt verständlich. Durch die Befeuchtung des Fingers wird die Windrichtung deutlich erkennbar. Wir haben oben ja bereits auf andere ähnliche Beispiele hingewiesen. Der Fächer zur Kühlung beruht ebenfalls auf diesem Prinzip. Bei Verdunstung an Oberflächen wird der verstärkende Effekt durch Luftbewegung für den Menschen deutlich spürbar.

Dieser Kühleffekt ist auch bei Sportlern und Outdooraktivisten gut bekannt. Dort beschreibt man ihn sogar ziffernmäßig als „Windchill“ oder als „Fröstel-Quote“. Diese Größe gibt Auskunft darüber, wie man eine Temperatur bei zunehmender Windstärke empfindet.

Sie beschreibt also das menschliche Empfinden in Form von Temperaturwerten. Der Windchill gibt also an, wie sich die Umgebung wirklich anfühlt, unabhängig vom Blick auf das Thermometer. Sie ist damit eine Größe die den Energiefluss beschreibt und nicht so sehr die Temperatur.

Die Lufttemperatur am Thermometer sagt nämlich nichts über den Wärmeverlust an der Haut aus. Denn dieser wird durch Konvektion samt Verdunstung bestimmt. So kommt der zusätzliche Kühleffekt des Windes zum Tragen und wird in einer gefühlten Temperatur beschrieben.

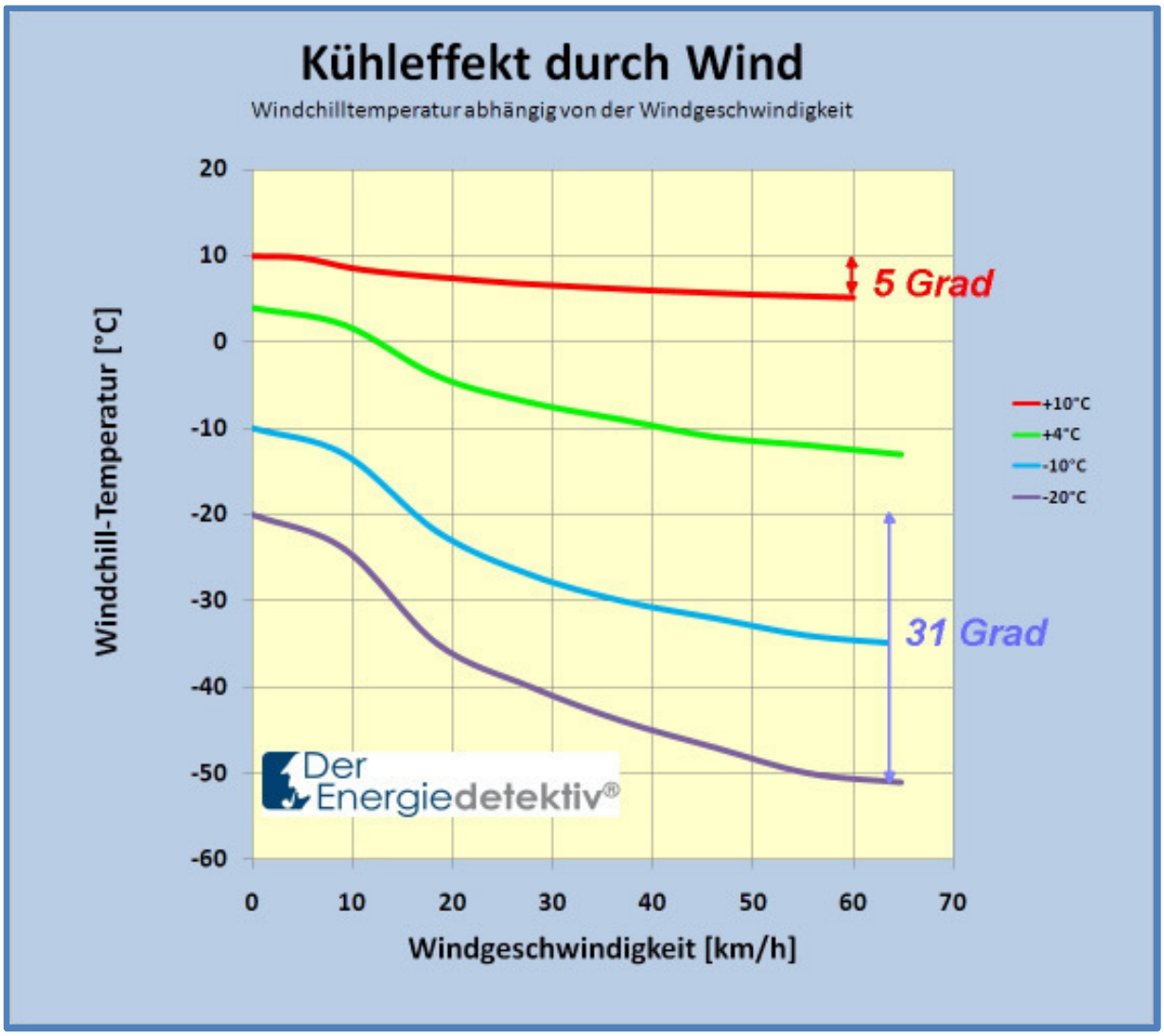

Bild 9-25: der Windchill beschreibt die gefühlte Temperaturänderung abhängig von der Windgeschwindigkeit

Damit ist der Windchill ein sehr guter Wert, um den Kühleffekt durch die Verdunstung abhängig von der Windgeschwindigkeit zu beschreiben. Er ist damit eine Größe, die für Menschen leicht verständlich ist und die von uns angeführte Problematik beschreibt. Wir haben für einige ausgewählte Werte der Lufttemperatur den Kühleffekt in Bild 9-25 dargestellt (nach Angaben in [9-22] und [9-23]).

Die menschliche Wahrnehmung macht den Kühleffekt von Wind und Verdunstung deutlich. Je nach Ausgangssituation wird bei starkem Wind die Temperatur um 5 Grad oder 31 Grad niedriger als die Lufttemperatur an der Hautoberfläche wahrgenommen! Dieser wahrgenommene Temperaturunterschied ist damit ein Ausdruck des Kühleffekts. Statt diesen in Watt/m² bzw. Wattstunden oder Joule anzugeben wird er durch die Temperaturangabe für jedermann nachvollziehbar, ja irgendwo sogar „nachfühlbar“.

9.10 Windenergie und Windchill

Bild 9-25 gibt den Einfluss der Windgeschwindigkeit auf den Abtransport von Energie als nachfühlbare Temperatur an. Auf der horizontalen x-Achse finden wir die Windgeschwindigkeit.

Es gibt verschiedene Wege, den Effekt des Windchill zu bestimmen. Meist werden einfache Näherungsformeln oder empirische Werte verwendet. Das führt zu Unschärfen, dennoch meinen wir, dass diese Angaben die zusätzliche Kältewirkung von Wind, der über feuchte Oberflächen streicht, recht klar machen kann.

Bei dieser Kältewirkung spielt die Verdunstung an der Hautoberfläche eine große Rolle. Wir wollen nun darstellen, wie groß dieser Kühleffekt bei einem bestimmten Unterschied der Windgeschwindigkeit ist. Wir sind davon ausgegangen, dass sich die Windgeschwindigkeit um den Faktor drei ändert.

Das sollte in etwa den Verhältnissen bei der Entnahme von Energie durch Windanlagen entsprechen. Dabei hängt das Ergebnis sicher von mehreren Faktoren wie Lufttemperatur, Feuchtigkeit und Druckverhältnissen ab. Wir vermuten allerdings, dass die Windchillwerte dies durchaus deutlich machen.

Zwar ist hier nur die Lufttemperatur als Zustandgröße angegeben. Aber letztlich hängt mit der Lufttemperatur auch die Frage der möglichen Feuchtigkeitsaufnahme zusammen. Man erinnere sich dabei an das erwähnte Ausfrieren der Wäsche. Kalte Luft bedeutet auch sehr trockene Luft. Wahrscheinlich kann man daher die Lufttemperatur als Luftzustand auch in dieser Hinsicht interpretieren.

Mit Bild 9-26 stellen wir ein Diagramm zur Abschätzung des Kühleffektes bei Änderungen in der Windgeschwindigkeit zur Diskussion. Es zeigt die Temperaturänderung bei einer Änderung der Windgeschwindigkeit im Verhältnis 1 zu 3. Dies soll zeigen, dass anhand der Auswertungen der Windchilltemperatur sich deutlich wahrnehmbare Kühleffekte ergeben. Ausgewertet wurde dazu die Datentabelle aus [9-22].

Je nach Zustand der Luft ist ein Unterschied im Kühleffekt gegeben. Der Kühleffekt variiert zwischen ca. 2 und 10 Grad. Das bedeutet, dass bei der höheren Windgeschwindigkeit die Umgebungsluft um 2 bis 10 Grad kälter wahrgenommen wird. Diese höhere Temperaturdifferenz ist eine „fühlbare“ Wahrnehmungsgröße für den Energietransport.

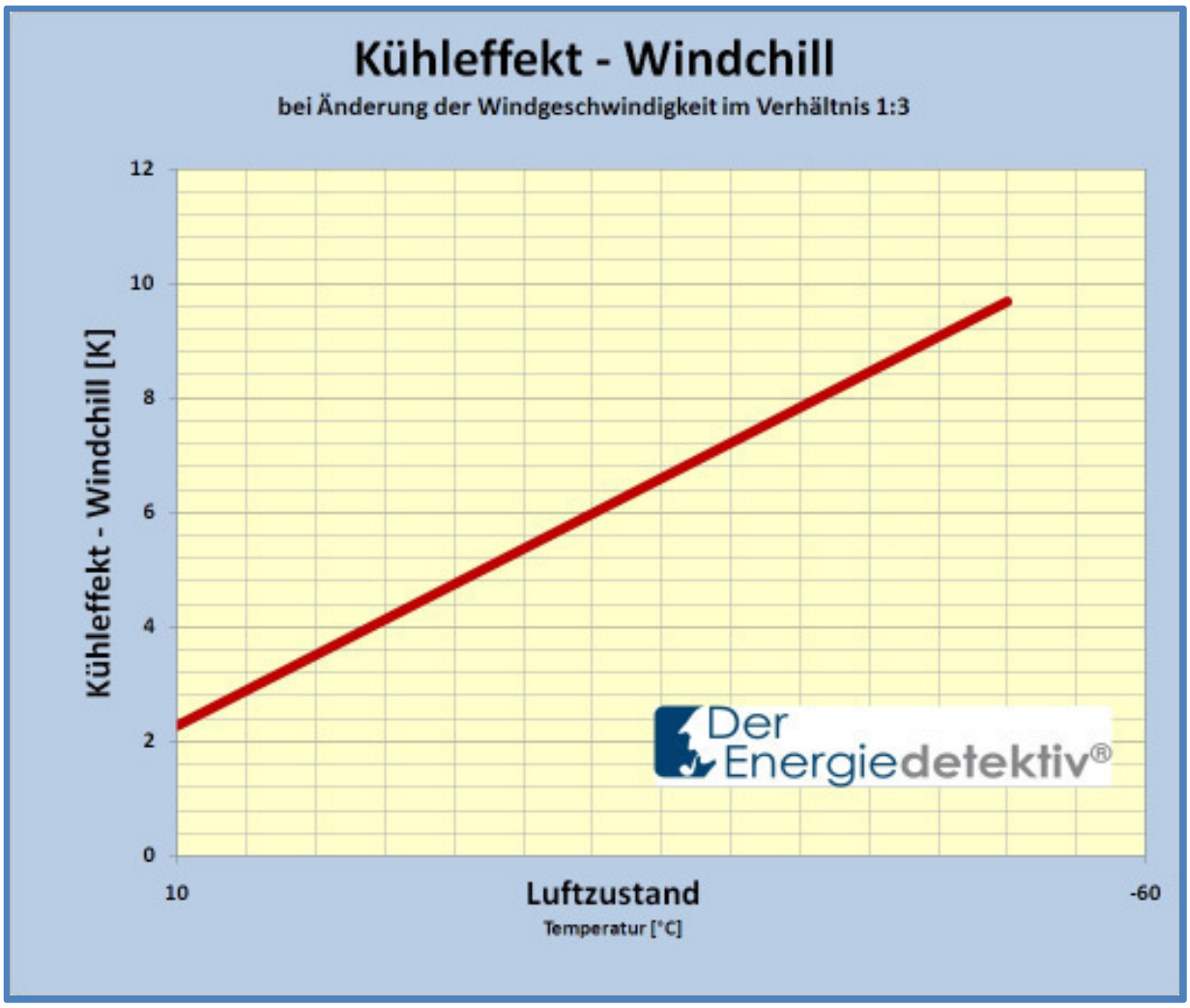

Bild 9-26: bei Windenergieanlagen wird meist eine Änderung der Luftgeschwindigkeit um den Faktor drei angestrebt. Die Werte aus der Windchill-Temperatur zeigen wie stark sich der wahrgenommen Kühleffekt in Grad dabei ändert

Damit zeigen sich doch recht große Unterschiede in der Kühlleistung. Wir hoffen, dass dieser Vergleich verständlich macht, warum wir davon ausgehen müssen, dass die Nutzung der Windenergie nicht ohne Nebenwirkungen auf das Klima stattfinden kann.

Wir Menschen können deutliche Temperaturunterschiede bei solchen Änderungen wahrnehmen. Es ist daher nicht zu erwarten, dass dies der Mensch zwar fühlen kann, die Natur dies aber unberührt lässt. Eine Änderung im Kühleffekt von 2 bis 10 Grad würde das großräumige Klima vermutlich auch dann langfristig deutlich ändern, wenn vorerst nur scheinbar Teilflächen betroffen sind.

9.11 Lebenswichtiger Kühleffekt bei Tieren

Wir Menschen haben ein Notkühlsystem in Form des Schwitzens. Manche Tiere haben das nicht. Sie können nicht schwitzen wie wir Menschen und müssen Wärme durch Verdunstung über den Atemwegstrakt abgeben. Die Verdunstung wird durch die Atmung bestimmt.

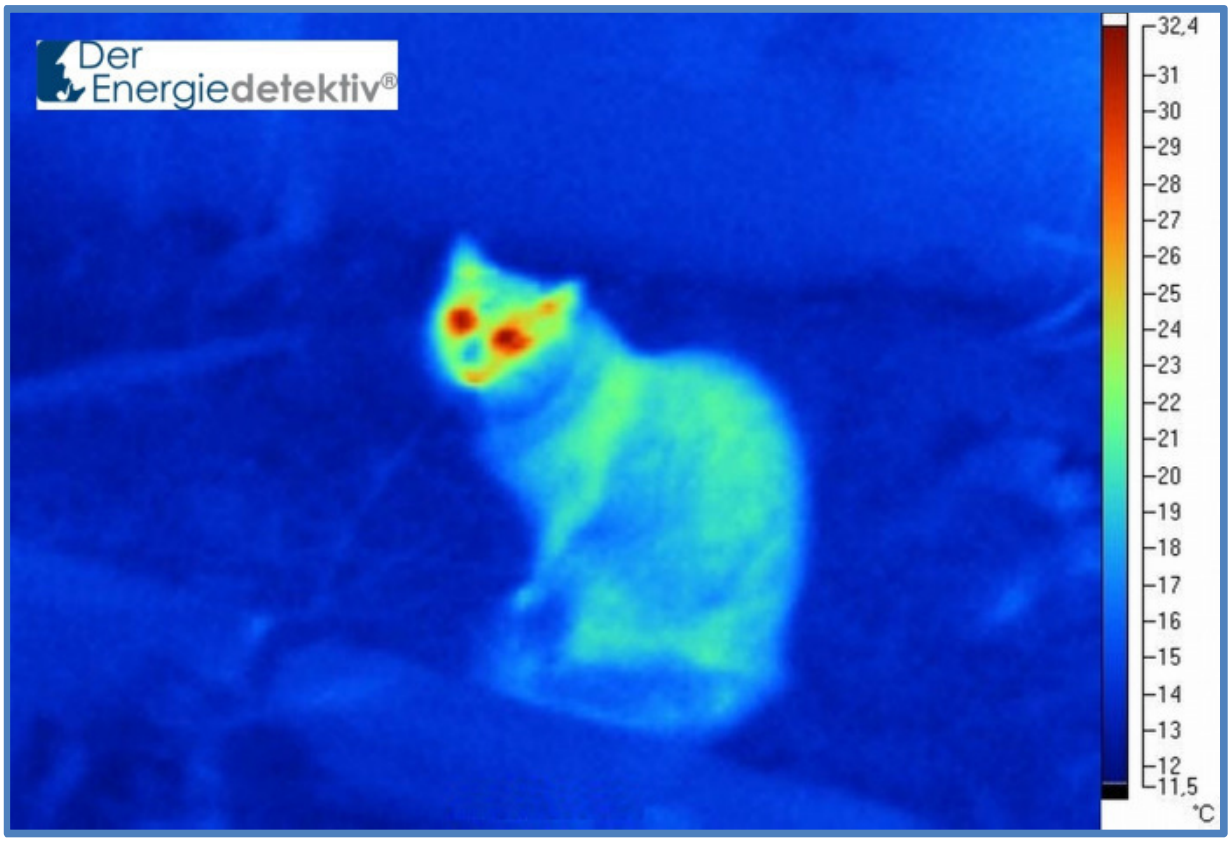

Bild 9-27: Wärmebild unserer Katze: Katzen haben nur an den Pfoten Schweißdrüsen und schwitzen nicht. Nur das Gesicht zeigt höhere Temperaturen

Man kennt dies zum Beispiel bei Hunden. Diese beginnen mit zunehmender Temperatur zu hecheln. Die Zunge hängt heraus und das Tier schaut bald leidend aus.

Das hat damit zu tun, dass Hunde nur an den Pfoten Schweißdrüsen haben. Die helfen aber nicht zur Kühlung. Die Regulierung der Körpertemperatur erfolgt daher durch Verdunstung an den Mundschleimhäuten bzw. der Zunge. Bei Hitze muss auf diesem Weg vermehrt Wärme abgeführt werden. Um die Kühlwirkung zu erhöhen,

beginnen die Tiere zu hecheln. Sie vervielfachen dabei die Luftmenge bei der Atmung. Das merken wir dann in Form des Hechelns.

Aber auch bei Vögeln ist das so. Hitze kann für Geflügel einen starken Stress darstellen und bis zum Hitzetod führen. Hühner haben eine Körpertemperatur von 41 bis 42°C. An heißen Tagen beginnen diese Tiere auch zu hecheln. Sie brauchen dann viel Wasser und Schatten.

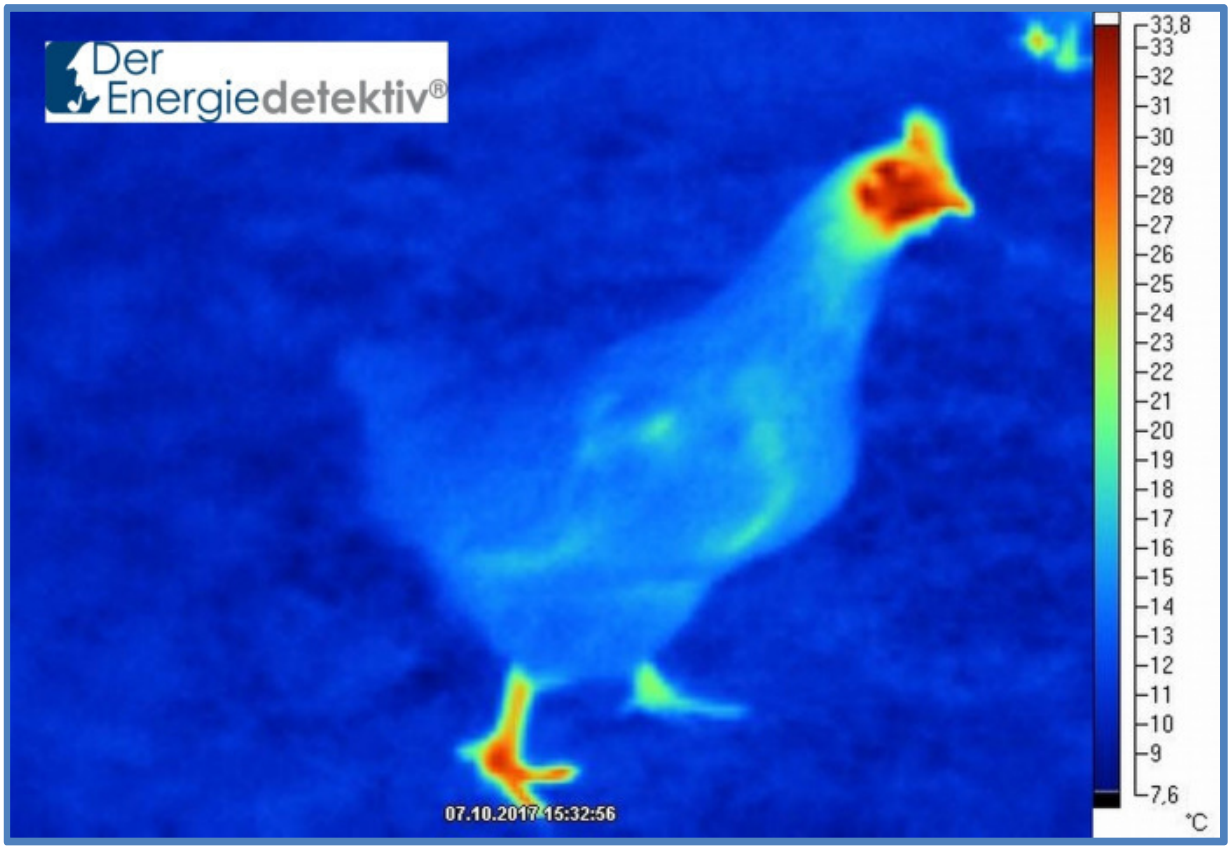

Bild 9-28: Wärmebild eines unserer Hühner. Auch bei Vögeln ist die Wärmeabgabe durch das Gefieder stark eingeschränkt. Bei Hitze beginnen Hühner zu hecheln und sind schnell gefährdet

Für all diese Tiere spielt der Zustand der Luft (Wind und Feuchtigkeit) eine ganz große Rolle, um bei einer Hitzewelle ausreichend Kühlwirkung zu erzielen. Besonders deutlich wird dies in der Hühnerhaltung. Hier nutzt man bewusst bewegte Luft, also Wind, um die Tiere ausreichend zu kühlen.

Das Beispiel eines Hühnerstalls macht so auch die Bedeutung des Luftzugs für die Umwelt klar. Hier können wir erkennen, wie wichtig ausreichend bewegte Luft für die Biosphäre ist. Eine Fachzeitschrift der Landwirtschaftskammer Steiermark schreibt beispielsweise:

> *Bei den ohnehin schon hohen Körpertemperaturen ... kann es, hervorgerufen durch falsches Klimamanagement, leicht zur Überhitzung durch Wärmestau kommen. Wenn dann die Temperaturen schon vormittags in Richtung 30 Grad klettern, verbunden mit starker Sonneneinstrahlung und hoher Luftfeuchtigkeit, können Betriebsleiter das Leistungspotential ihrer Tiere nur durch ein optimales Stallmanagement ..aufrechterhalten. [9-43]*

Genutzt wird auch hier der sogenannte Chilleffekt. Durch bewegte, feuchte Luft wird der nötige Kühleffekt erzielt. Die Fachzeitschrift führt dazu weiter aus:

> *Sobald Geflügel ein bestimmtes Alter erreicht hat, kann man durch Erhöhung der Luftgeschwindigkeit ab einer Außentemperatur von etwa 27 Grad Celsius (bei erwachsenem Geflügel auch schon früher) den sogenannten Chilleffekt erzielen. Die gefühlte Temperatur ist dann niedriger, wodurch das Leistungspotenzial erhalten bleibt.*

Dazu wird in dieser Publikation eine Tabelle angegeben, die den Zusammenhang für zwei Ausgangstemperaturen zeigt. Wir haben diese Tabelle in ein Diagramm umgewandelt, das in Bild 9-29 dargestellt ist. Es zeigt abhängig von der Luftgeschwindigkeit die vom Tier wahrgenommene Temperatur (Windchill-Temperatur). Dabei sind zwei Kurven vorhanden, die unterschiedlichen Ausgangstemperaturen von 29,5 °C bzw. 35 °C entsprechen.

Der Kühleffekt für die Tiere ist durchaus beachtlich. Wäre dem nicht so, würde kein Landwirt über solche Methoden nachdenken oder gar in entsprechende Anlagen investieren. Was für die Hühner im Stall gilt, gilt natürlich auch für andere Vögel. Die Kühlung durch Wind ist für eine vernünftige Körpertemperatur wichtig.

Wird die Luftgeschwindigkeit im Hühnerstall um den Faktor drei verändert, dann bedeutet der Kühleffekt eine um fast 8 Grad niedrigere Temperaturwahrnehmung (Ausgangstemperatur 35°C, Änderung der Luftgeschwindigkeit von 0,5 auf 1,5 m/s). Eine Änderung der Luftgeschwindigkeit um den Faktor 1:3 entspricht dem üblichen Wert bei Windkraftanlagen.

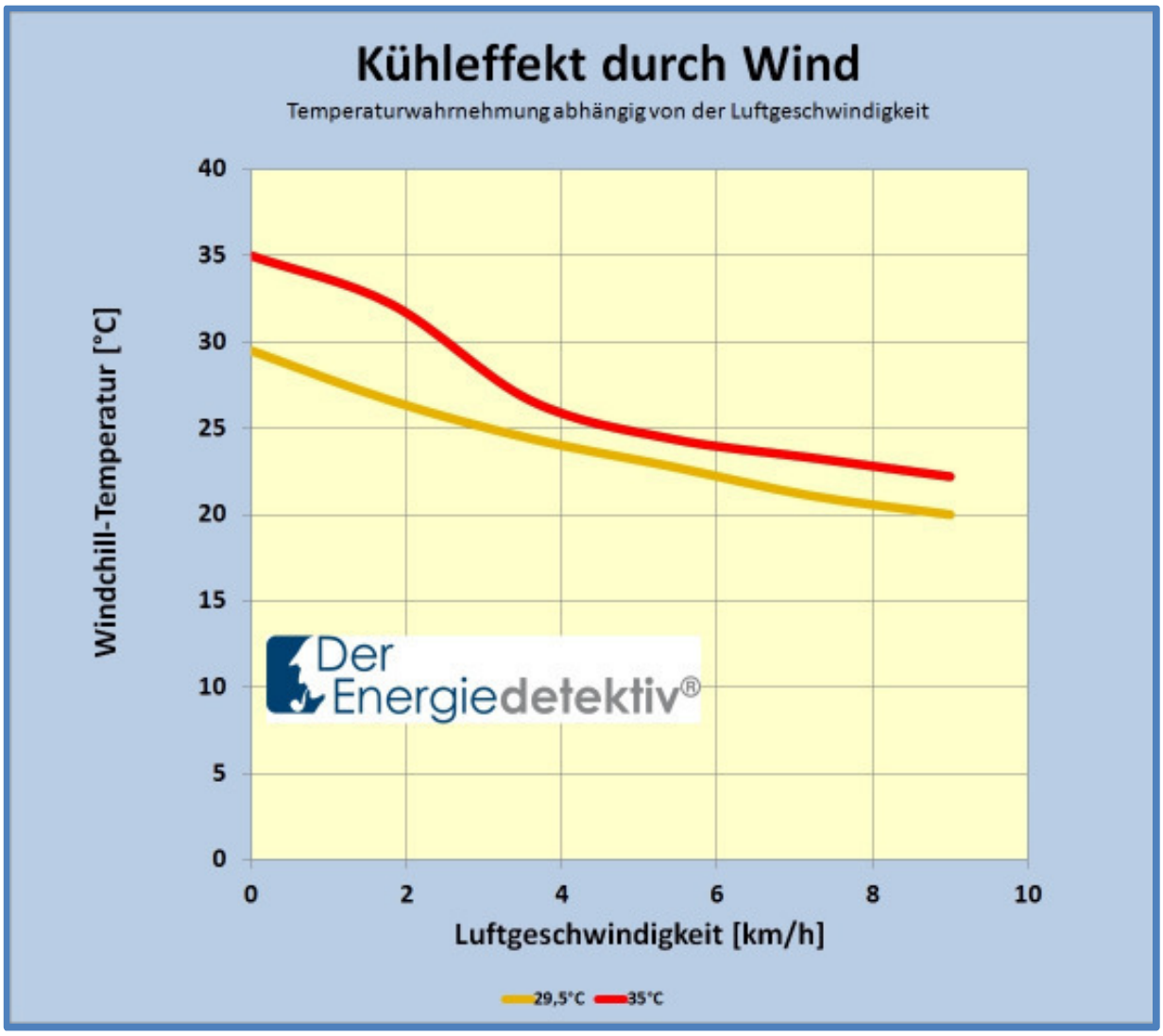

Bild 9-29: Der Kühleffekt durch Wind bzw. Luftzug ist für Vögel besonders wichtig. Das belegt u.a. ein Fachartikel der Landwirtschaftskammer. Diagramm nach [9-43]

Für die Schlussfolgerungen die sich für die Nutzung der Windenergie ergeben, ist allerdings nun der umgekehrte Effekt von Bedeutung. Denn durch Windkraftanlagen wird Bewegungsenergie aus der Luftströmung in elektrische umgewandelt. Die Luft wird sozusagen abgebremst bzw. die Luftgeschwindigkeit verringert. Das hat Auswirkungen auf die betroffene Biosphäre.

Das kann man aus dem Beispiel des Hühnerstalls ableiten. Wenn an heißen Tagen dort die Luftgeschwindigkeit reduziert wird, steigt die Temperaturwahrnehmung für die Tiere um bis 8 Grad. Das bedeutet für das Tier einen hohen Unterschied in der Energiebilanz.

Reicht der Chilleffekt nicht aus, dann kann durch Sprühkühlung im Hühnerstall die Stalltemperatur gesenkt werden. Es wird ein künstlicher Wassernebel eingesprüht, der der Luft Wärmeenergie entzieht. Diese Methode macht ebenfalls klar wie wichtig der Zusammenhang zwischen Luftgeschwindigkeit bzw. Luftbewegung, Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur ist. Auch Wasseraufnahme und Wasserabgabe einer Legehenne hängen stark von den Umgebungsbedingungen ab. So gibt [9-44] eine Steigerung der Wasserabgabe (Atmung) auf das 2,3-fache an, wenn die Lufttemperatur von 28 auf 37°C steigt.

Ein Nutztierstall macht somit deutlich, wie sensibel Lebewesen auf Veränderungen in diesen Bereichen reagieren. Nicht anders sieht es vermutlich bei der Nutzung der Windenergie aus. Auch wenn vorerst Änderungen vielleicht nicht beobachtbar sind. So ist doch davon auszugehen, dass der Eingriff in die bewegte Luft Nebenwirkungen auf die Biosphäre verursacht.

Wir vermuten, dass Beobachtungen in der Natur gemeldet werden, sobald breiteren Teilen der Bevölkerung die Zusammenhänge bewusster sind. Die Problematik bei der Windenergie ist unserer Ansicht nach, dass hier ebenfalls direkt in einen wesentlichen Bereich eingegriffen wird, der das bodennahe Klima bestimmt. Ausgleichsströmungen über Luftbewegungen und Wärmetransport über Wasserdampf sind wesentliche Faktoren, die nicht nur das kleinräumige Klima bestimmen.

Wind, Temperatur und Druckverhältnisse entscheiden, wann und wo Wasser den Boden erreicht und wieder verdunstet. Meist ist uns der Zusammenhang zwischen Wind und Wasserhaushalt nicht bewusst. Er ist dennoch immer gegeben. Er wird auch deutlich sichtbar, wenn man anfängt darüber nachzudenken.

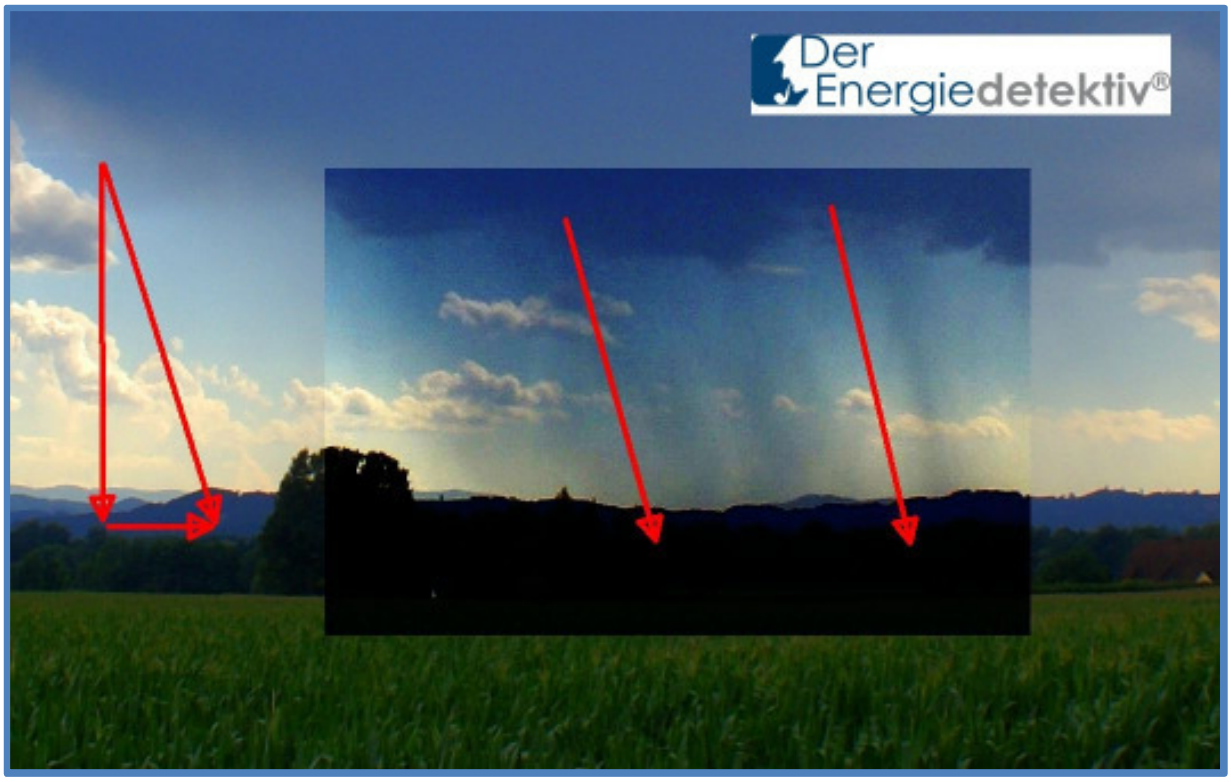

Bild 9-30: Wir haben den Regen in Bild 9-23 durch Änderung des Kontrasts etwas stärker sichtbar gemacht. Die Fallrichtung weicht scheinbar von der Richtung der Schwerkraft ab. Die Wirkung von Luftströmungen ist aus der Ferne zu erkennen

In diesem Sinne bitten wir den Leser selbst kritisch über solche Zusammenhänge nachzudenken. Zur Beobachtung unserer Umgebung soll auch Bild 9-30 anregen. Hier kann sich der Leser selbst fragen, welche Wirkungen des Windes gegeben sein könnten, dass in diesem Bild der Regen scheinbar schräg nach unten fällt?

Nicht das Finden der exakten Antwort ist dabei die Aufgabe, sondern das Nachdenken und selbst beobachten lernen von Naturereignissen. Wir brauchen ganz bestimmt mehr Menschen, die bei der Energiewende kritisch mitdenken statt kommunizierten Scheinwahrheiten hinterher zu hecheln.

Nicht nur an Land spielen Regen, Wind und Verdunstung eine wesentliche Rolle für das Klima. Auch und besonders über Wasserflächen hat der Wind Einfluss auf die Energiebilanz. Ein weiterer Punkt steigert daher leider unsere Beunruhigung in Zusammenhang mit der Windenergie. Besonders problematisch ist nämlich der Einfluss des Windes auf den Wärmehaushalt und die Verdunstung dann, wenn ausreichend Wasser in der Umgebung vorhanden ist.

9.12 Windenergie in Offshore-Anlagen und Klimaeffekte

Große Mengen an Wasser in der Umgebung von Windkraftanlagen gibt es klarerweise bei Offshore-Anlagen. Für die Deutsche Bundesregierung stellt die Offshore-Windenergie einen wichtigen strategischen Baustein in der Energie- und Klimapolitik Deutschlands dar.

So sollen gemäß den Zielen der deutschen Bundesregierung bis zum Jahr 2020 6.500 MW und bis zum Jahr 2030 in deutschen Gewässern 15.000 MW Windenergieleistung errichtet werden [9-24]. Mit 30.6.2016 wird ein bereits vorhandener kumulierter Ausbau von 3.876,22 MW berichtet. Zusätzlich liegt die Errichtung von 142 Fundamenten noch ohne Offshore Windenergieanlagen vor [9-25]. Andere Länder setzen ebenfalls stark auf die Nutzung der Windenergie in Off-Shore-Anlagen.

Wenn Windkraftanlagen auf hoher See errichtet werden, dann stehen diese natürlich mitten im Wasser. Es bestehen also ideale Verhältnisse für eine Klimaänderung auf Basis der Verdunstung des „Klimamittels“ Wassers.

Den Einfluss von Windenergieanlagen an Land hatten wir verglichen mit der Beeinflussung der Luftströmung über einer Verdampferfläche mit dem Kältemittel Wasser. Das Wasser benetzt praktisch den festen Erdboden unterhalb der Luftströmung. Bei Offshore-Windanlagen wird aus einer benetzten Bodenfläche nun ein Becken randvoll des Kältemittels bzw. „Klimamittels“ Wasser. Es liegt faktisch immer ausreichend Wasser vor, um den Verdunstungseffekt zu beeinflussen.

Die Situation ist damit vergleichbar mit einem Schwimmbad. An einem beheizten Schwimmbad (Bilder 9-31 und 9-32) wird der klimatische Einfluss von Wellengang und Windbewegungen recht einfach erklärbar. Was im großen Ozean meßtechnisch untergeht, ist bei einem beheizten Becken klar für jeden Techniker nachvollziehbar.

„Der Energiedetektiv" hat immer wieder mit Hallenbädern oder Freibädern zu tun. Die Wasserverdunstung an der Oberfläche der Bäder ist ein ganz entscheidender Faktor für die Energiebilanz. Je mehr Wasser an der Oberfläche verdunstet, desto höher ist der Wärmeverlust aus dem Becken.

Bild 9-28: beheizte Schwimmbäder, sei es als Freibäder oder als Hallenbäder, machen den Einfluss von Wind und Verdunstung in der Energiebilanz erkennbar

Bild 9-32: der wesentlichste Teil der Wärmeverluste ergibt sich durch die Verdunstung, die hier im Winter sehr deutlich erkennbar wird

Zu den wichtigsten Möglichkeiten Energie zu sparen, gehört es die Verdunstung zu verringern. Denn andernfalls explodieren die Heizkosten. Die hohen Energiekosten beheizter Bäder sind eine Wirkung des oben beschriebenen Kühleffekts durch die Verdunstung. Dieser Kühleffekt wird durch die Temperatur- und Luftzustände bestimmt. Er wird besonders hoch, wenn stärkerer Seegang ist. Bei stark bewegtem Wasser steigt bei Hallenbädern die Verdunstungszahl auf den dreifachen Wert [9-26]. Um den Auskühleffekt zu reduzieren, werden oft Schwimmbadabdeckungen verwendet. Diese halten die Energieverluste zumindest während der Ruhezeiten möglichst klein. Viele unserer Kunden meinen, dass die erhöhten Heizkosten durch das Nachheizen des nachzufüllenden Wassers verursacht werden. Dies ist aber nicht der Fall. Stattdessen wird dem im Becken verbleibenden Wasser beim Verdunstungsvorgang Wärme entzogen. Das Beckenwasser wird kälter dadurch, dass ein Teil des Wassers verdunstet. Dies ist der beschriebene Kühleffekt des Verdunstungsvorgangs. Das abdampfende Wasser nimmt die fehlende Energie sozusagen mit.

Der Energiedetektiv®

Energieverlust durch Verdunstung während der Nachtzeiten			
Nachheizen für Wasserverlust	4,60 %	24,6	kWh/m²a
Verdampfungsverlust	95,40%	510,3	kWh/m²a
Gesamtes Einsparpotential	100,00%	534,9	kWh/m²a

Bild/Tabelle 9-33: Berechnung des Wärmeverlustes durch Verdunstung für ein Kurhotel. Die Werte zeigen welche Wärmeverluste pro Quadratmeter mit einer Schwimmbadabdeckung während der Nachtstunden vermieden werden können

Ein ganz einfaches Beispiel soll dies verdeutlichen und die Größenordnung anzeigen: Bei einem Kurhotel sind die Schwimmbecken zwischen 7 und 21 Uhr geöffnet. Außerhalb dieser Öffnungszeiten war keine Abdeckung der Beckenoberfläche vorhanden. Wir haben den Einspareffekt für unseren Kunden berechnet. Die Werte sind in Bild/Tabelle 9-33 dargestellt. 95% des Wärmeverlustes betreffen den Kühleffekt durch Verdampfung bzw. Verdunstung.

Jedes Schwimmbad mit einer Abdeckung ist damit ein Nachweis für den hohen Einfluss der Verdunstung auf die Wärmebilanz. Natürlich ist dies nicht nur bei Schwimmbädern der Fall, sondern gilt für alle Wasserflächen. Durch Verdunstung wird das verbleibende Wasser abgekühlt. Diese Eigenschaft ist Teil des irdischen Klimasystems. Die Verdunstungsmenge ist dabei stark abhängig vom Wellengang und dem Luftzustand unmittelbar über der Wasserfläche. Die Luftbewegung und deren Feuchtigkeit bestimmen, wieviel Wasser bei einer bestimmten Temperatur verdunstet.

Jeder Besuch in einem Thermalbad kann dem Leser dies vor Augen führen. Aber auch die eigene Badewanne kann es einem deutlich machen. Wasser verdunstet und es bildet sich Nebel über der Wasserschicht.

Man kann die Verhältnisse in einem Schwimmbad daher auch auf das Thema Windenergie auf Wasserflächen umlegen. Die Verdunstungsmenge wird neben der Temperaturdifferenz durch Wellengang des Wassers und dem Luftzustand bestimmt.

An der Grenzschicht zwischen Wasser und Luft entscheiden neben der Temperaturdifferenz der Wellengang des Wassers und der Luftzustand den Verdunstungsvorgang. Dieser Verdunstungsvorgang bestimmt seinerseits den Energieaustausch zwischen Wasserfläche und angrenzender Luftschicht. Gleichzeitig erfolgt aber nicht nur ein Energietransport, sondern auch ein stofflicher Transport: Wasser wird der Wasserfläche (Schwimmbad, Meeresfläche, Sumpf, feuchter Boden etc.) entnommen und an die Luftströmung darüber übergeben. Wird dieser Vorgang der Verdunstung beeinflusst, dann hat dies mindestens zwei Folgen für die Bilanz klimarelevanter Vorgänge:

- Energiebilanz: Energieaustausch zwischen Wasserfläche (Schwimmbad, Meeresfläche, Sumpf, feuchter Boden etc.) und Atmosphäre
- Wasserbilanz: Luftfeuchtigkeit der Atmosphäre bzw. Wassermenge in Wasserfläche (Schwimmbad, Meeresfläche, Sumpf, feuchter Boden etc.); Wolkenbildung führt zu Gegenkopplung der Wasserbilanz auf die Energiebilanz (Sonneneinstrahlung)

Dass die Luftbewegung oberhalb der Wasserfläche für die Verdunstung entscheidend ist, ist evident. Wenn mit Windenergieanlagen Energie entnommen wird, wird die Luftströmung verändert. Dies ändert damit letztendlich wohl auch die Temperaturverhältnisse im Wasser sowie die in der Luft aufgenommene und transportierte Wassermenge (Feuchtigkeit). Damit sind zwei für das Klima ganz wesentliche Bereiche betroffen. Die Wassertemperatur und die Eigenschaften der Luft.

Nun mag dies vorerst nicht beobachtbar sein, da einfach die Gesamtwassermenge derart groß ist, dass der unmittelbare Effekt meßtechnisch nicht erfaßt wird. Tatsächlich müssen aber auch an dieser Stelle der allgemein gültige Energieerhaltungssatz sowie der Massenerhaltungssatz gelten. Dem Wind wird Energie entzogen, die nun an anderer Stelle fehlt. Diese andere Stelle ist aber die Luftströmung, die Teil des Kühlsystems an der Erdoberfläche ist.

Dahinter steckt nun die Gefahr, dass der bewirkte Effekt wie bei einer Wärmepumpe oder Kältemaschine energetisch vervielfacht wird. Denn die Antriebsenergie einer Kältemaschine wird aufgrund des Verdampfungsvorgangs als Kälteeffekt gesteigert.

Dieser Effekt auf die Energiebilanz ist gleichzeitig verbunden mit einem zusätzlichen Effekt hinsichtlich der Wasserverteilung. Weniger Luftfeuchtigkeit bedeutet gleichzeitig eine Erhöhung des Solareintrags im Bodenbereich. Auf den Einfluss der Luftfeuchtigkeit, auf die Zunahme der Sonnenscheinstunden und damit die Klimaerwärmung wird weiter unten noch näher eingegangen (Kapitel 16 Umverteilung von Wasser).

Diese Tatsachen werden derzeit nur dadurch verschleiert, dass der vorhandene Effekt der Umverteilung aufgrund der großen betroffenen Flächen bzw. Volumina vorerst verdeckt bleibt. Der Kühleffekt wird scheinbar unsichtbar, da er sich auf eine riesige Wassermenge bzw. Luftmenge verteilen kann. Zumal von Natur aus schon ständige Änderungen der Temperaturwerte gegeben sind. Entsprechende kleine Änderungen bleiben daher vorerst unter dem „Rauschpegel“ der Messwerte. Bei einem beheizten Schwimmbecken hingegen sind beobachtbare Wassermengen und Temperaturwerte gegeben. Hier sind die Zusammenhänge klar nachvollziehbar.

Die erfolgte energetische und stoffliche Umverteilung bleibt rund um Windkraftanlagen vorerst unbeobachtet. Daraus zu schließen, dass sie nicht vorhanden wäre, ist grundfalsch und würde den fundamentalen Naturgesetzen widersprechen. Jedes beheizte Schwimmbecken stellt ein messbares Modell für die beschriebenen Zusammenhänge dar.

Wir müssen daher festhalten, dass bei Offshore-Windenergieanlagen das Potential relativ hoher schädlicher Nebenwirkungen auf das Klima gegeben sein dürfte. Die Änderung im Verdunstungskreislauf kann die Energiebilanz der Wasserflächen ändern. Dies wiederum könnte zu einem Temperaturanstieg führen. Dieser würde seinerseits wieder die CO_2-Bindefähigkeit des Wassers beeinflussen. Damit könnten zusätzliche CO_2-Emissionen entstehen, die ihrerseits den Treibhauseffekt verstärken. Damit könnte die Nutzung der Windenergie den Klimawandel bestärken statt das Klima zu schützen.

Hinzu kommt, dass eine geringere Verdunstung dazu führt, dass sich weniger Wasser in der Atmosphäre befindet. Damit aber wird der direkte Energieeintrag in den Bodenbereich erhöht. Denn die Sonnenstunden nehmen zu. Gleichzeitig kann dann auch weniger Wasser als Regen wieder auf Vegetationsflächen fallen. Es kommt damit zu einer direkten Rückkopplung auch auf den Lebenskreislauf und Klimaprozess auf Landflächen.

Die Problematik dieser Änderungen ist nur durch den Umverteilungseffekt auf große betroffene Bereiche verdeckt. Aber auch kleinste Änderungen spielen hier wohl eine Rolle. Insbesondere dann, wenn sie sich mit der Zeit aufaddieren können.

Die vorerst unbemerkte Umverteilung kann verglichen werden mit der Geschichte eines Programmierers der bei einer Bank arbeitete. Er stellte fest, dass es bei jeder Zinsberechnung Bruchteile von Cent weit hinter dem Komma und damit Rundungsdifferenzen gibt. Er addierte diese sonst unbemerkten Bruchteile und schrieb sie seinem Konto gut. Dieses Problem tritt bei jeder Zinsberechnung auf und davon kann es allein bei einem einzigen Girokonto etliche geben, im Jahr allemal. Und so addieren sich die Bruchteile von Cent zu ganzen Cent, und diese Cent zu ganzen Euro. Für die Bank multipliziert sich das dann noch mit der Anzahl der

geführten Konten. So werden dann plötzlich die Centbruchteile zu tausenden und zehntausenden von Euro [9-27].

Kleinvieh macht bekanntlich auch Mist und damit lässt es sich ganz gut leben! Zumindest so lange, bis jemand die Sache genauer prüft. Hier zeigt auch wieder einmal der Volksmund, dass eher breite Schichten der „einfacheren“ Bevölkerung mehr Verständnis für die Naturgesetze haben, als viele sogenannte Experten und Manager.

Bei der Umverteilung von Energie- oder Geldströmen in Zusammenhang mit der Energiewende könnte es ähnlich sein. Jeder Cent aus diversen Ausgaben, jeder Rotor eines Windkraftwerks ist Teil eines gigantischen Umverteilungsprojektes. Arbeitsleistungen und Klimaeffekte werden umverteilt und niemand sollte sich später wundern, wenn dies zu geänderten Klimaverhältnissen führt. Mit der Publikation der hier vorliegenden Studie kann allerdings niemand mehr sagen, er hätte es nicht frühzeitig wissen können.

Fernab von solchen Überlegungen wollen wir im nächsten Kapitel noch einige weitere Besonderheiten des Klimamittels Wasser vorstellen. Denn auch diese Zusammenhänge sollte der Normalbürger kennen, wenn über Fragen der Energiewende oder des Klimawandels diskutiert wird.

9.13 Die Dichteanomalie – garantiertes Leben auch bei Kälte

Die meisten Stoffe dehnen sich bei Erwärmung aus. Das macht eigentlich auch Wasser so. Der Leser kann das nachprüfen. Er braucht dazu nur warmes Wasser in eine recht weiche Plastikflasche randvoll füllen und anschließend in den Kühlschrank stellen. Die Flasche zieht sich beim Erkalten zusammen. Erwärmt man das Wasser wieder, nimmt es wieder mehr Platz in Anspruch.

Bei Erwärmung nimmt die Dichte bzw. das spezifische Gewicht von Wasser ab. Beim Abkühlen nimmt sie zu. Kaltes Wasser ist also schwerer als warmes Wasser. Es sinkt damit zum Boden. Aber das gilt nur bis 4°C.

Unterhalb von 4°C dehnt sich Wasser wieder aus. Noch kälteres Wasser steigt wieder auf. Gefrierendes Wasser, also Eis, schwimmt dann ganz oben. Deshalb schwimmt Eis sowohl im Cocktailglas als auch im See oder Teich immer ganz oben.

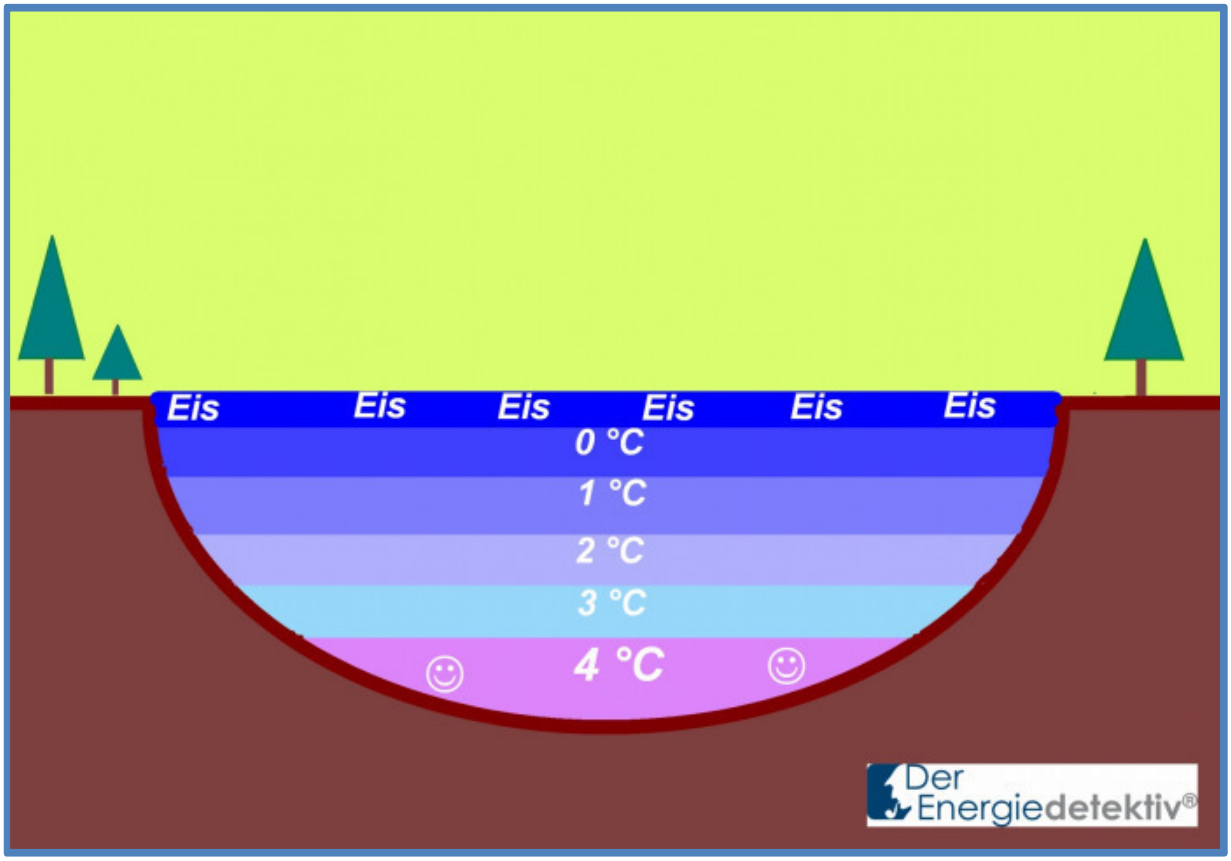

Bild 9-34: die erstaunliche Dichteanomalie von Wasser garantiert, dass Fische am Boden zugefrorener Gewässer auch einen harten Winter überleben können

Dieses Verhalten des Wassers wird als Dichteanomalie bezeichnet. Es ist eine Besonderheit, die erst das Leben und Überleben auf Erden ermöglicht. Wasser von 4°C hat die größte Dichte. Es sinkt zu Boden und kälteres Wasser schwimmt darüber. Daher wird im Winter die Temperatur eines Sees am Grund nie kälter als 4°C sein.

Bild 9-34 skizziert die Temperaturverhältnisse im Winter in einem kleinen See oder Teich. Das Gewässer friert von oben und nicht von unten zu. Die Eisplatte bildet sich ganz oben. Der wärmste Punkt des Wassers ist nun am untersten Punkt des Teichs mit 4°C. Darum sieht man in unserer Skizze auch zwei lächelnde Gesichter am tiefsten Punkt. Denn so wird es den Fischen möglich, am Grund des Gewässers zu überwintern. Hier bleibt flüssiges Wasser mit 4°C erhalten, auch wenn oben sich sehr viel Eis bildet. Der tiefste Punkt im Teich oder See wird zum überlebenswichtigen Refugium für Wassertiere. Nur wenn es besonders kalt wäre und der See oder Teich ganz bis zum Boden durchfrieren könnte, bestünde Gefahr für die Fische am Boden.

Erst diese völlig atypische Dichte von Wasser sichert das Leben in Gewässern auch bei sehr frostigen Wintern. Der Physiklehrer des Autors im Gymnasium nannte diese seltsame Eigenschaft des Wassers einen Beweis, für die Existenz eines schöpferischen Gottes. Obwohl der Physiklehrer sonst nie erkennen ließ, ob er an Gott glaubte oder nicht, war ihm diese Besonderheit des Lebensmittels Wasser ausreichender Beweis.

Wie auch immer man selbst diese Sache sieht, es ist erstaunliche Eigenschaft des Wassers, die Leben und Klima auf Erden bestimmt. Das Lebensmittel Wasser ist auch Klimamittel. Es ist aber auch das wichtigste Treibhausgas. Das sollten wir nicht vergessen, wenn uns die Diskussionsprozesse über Treibhausgase wieder einmal schrecken sollten!

9.14 Eis, Schnee und Raureif

Gefrorenes Wasser kennen wir als Eis, als Schnee oder als Raureif. Für das Eis am winterlichen See oder Teich hat das letzte Kapitel schon die klimastabilisierende und lebensrettende Bedeutung erklärt. Der Gefrierprozess am Meer ist etwas anders.

Der Gefrierpunkt von Meereis liegt typischerweise bei -1,8°C. Die Prozesse des Meereiswachstums hängen dann stark von Wind und Wellen ab. Während des Gefrierprozesses und dem Zustand des Gefroren-Seins verändern sich bestimmte Eigenschaften von Meereis. Von besonderer Bedeutung ist der Salzgehalt des Meerwassers, da dieser die Gefriertemperatur bestimmt: je salziger das Wasser ist, desto weiter liegt der Gefrierpunkt von der Null-Grad-Grenze entfernt.

Auch übt der Salzgehalt Einfluss auf die Dichte des Wassers aus. Je salziger das Wasser ist, desto tiefer sinkt der Gefrierpunkt und desto höher ist seine Dichte. Solange der Gefrierpunkt noch nicht erreicht ist, nimmt die Dichte von Meerwasser während des Abkühlungsprozesses kontinuierlich zu und wird damit schwerer. Dies hat eine instabile Schichtung des Meerwassers und damit eine konvektive Durchmischung des Oberflächenwassers zur Folge. Das an der Oberfläche abgekühlte Wasser sinkt in tiefere Regionen ab, während das noch warme Oberflächenwasser aufsteigt – um von der kalten Luft abgekühlt zu werden und schließlich ebenfalls zu sinken [9-29].

Aber auch Schnee und Raureif haben interessante Eigenschaften, die die Energiebilanz der betroffenen Flächen beeinflussen. Schnee besteht aus feinen Eiskristallen. Liegt die Lufttemperatur nahe am Gefrierpunkt, werden die einzelnen Eiskristalle durch kleine Wassertropfen miteinander verklebt und es entstehen an einen Wattebausch erinnernde Schneeflocken [9-30].

Der Schneebelag führt zu gewissen Effekten, die für das globale Klima entscheidend sind. Einer dieser Faktoren ist das Reflexions- bzw. Absorptionsverhalten einer Schneedecke. Frischer Neuschnee weist eine Albedo von 75 – 95% auf [7-6]. Das bedeutet, dass bis zu 95% der einfallenden Strahlung reflektiert werden.

Man kann das nun positiv oder negativ sehen. Denn ein so starkes Reflexionsverhalten führt dazu, dass die Sonnenenergie zum überwiegenden Teil ungenutzt reflektiert wird. Das bedeutet aber, dass der Wärmeeintrag am Boden gering bleibt. Damit wird im Winter die Erwärmung nicht nur durch die kurzen Sonnenstunden gering gehalten. Eine Schneedecke sorgt dann zusätzlich noch dafür, dass diese geringen Sonnenstunden nun auch nicht optimal genutzt werden können. Denn die Albedo einer Grasfläche beträgt 10 – 20%. Hier werden zwischen 80 und 90% der eintreffenden Solarstrahlung absorbiert. Bei Neuschnee sind dies nur 5 bis 25%. Damit kann im Winter bei Schnee nur ein Bruchteil der eintreffenden Solarenergie genutzt werden. Der größte Teil wird am Boden ungenutzt wieder reflektiert.

Das könnte man nun negativ sehen. Tatsächlich ist aber die Schutzfunktion dieser niedrigeren Absorptionsrate zu beachten. Denn im Winter sind ja auch die Nachtstunden weit länger. Damit gibt es gegenüber der sonstigen Jahreszeit viel mehr Stunden, an denen in der Nacht der Boden durch Abstrahlung abkühlen würde. Denn eine höhere Absorptionsrate entspricht gleichzeitig auch einer höheren Emissionsrate.

Bild 9-35 zeigt den Zusammenhang zwischen den Nachtstunden und der Jahreszeit. Die horizontale Skala beginnt mit Juni und endet mit Juni. Im Juni haben wir im Mittelwert in der Steiermark ca. 8 Stunden Nacht und 16 Stunden Tag. Im Winter ist es genau umgekehrt.

Während der Nachtstunden könnte nun der Boden auskühlen. Aufgrund der sehr starken Temperaturdifferenz zum kalten Nachthimmel würde der Boden stärker Wärme abstrahlen wenn er nackt wäre. Eine Schneeschicht schützt den Erdboden schon alleine dadurch, dass der Emissionsfaktor beim Schnee niedriger ist.

Es gibt allerdings noch eine zweite Schutzfunktion durch die Schneedecke. Aufgrund der Struktur des Schnees hat dieser auch die Funktion einer Wärmedämmung. Bild 9-36 zeigt den Zweig eines Obstbaumes im Winter. Eine kleine Schicht von Schnee und Eis liegt auf dem Zweig. Es wird in diesem Bild erkennbar, dass diese Schicht kleine Luftzwischenräume aufweist.

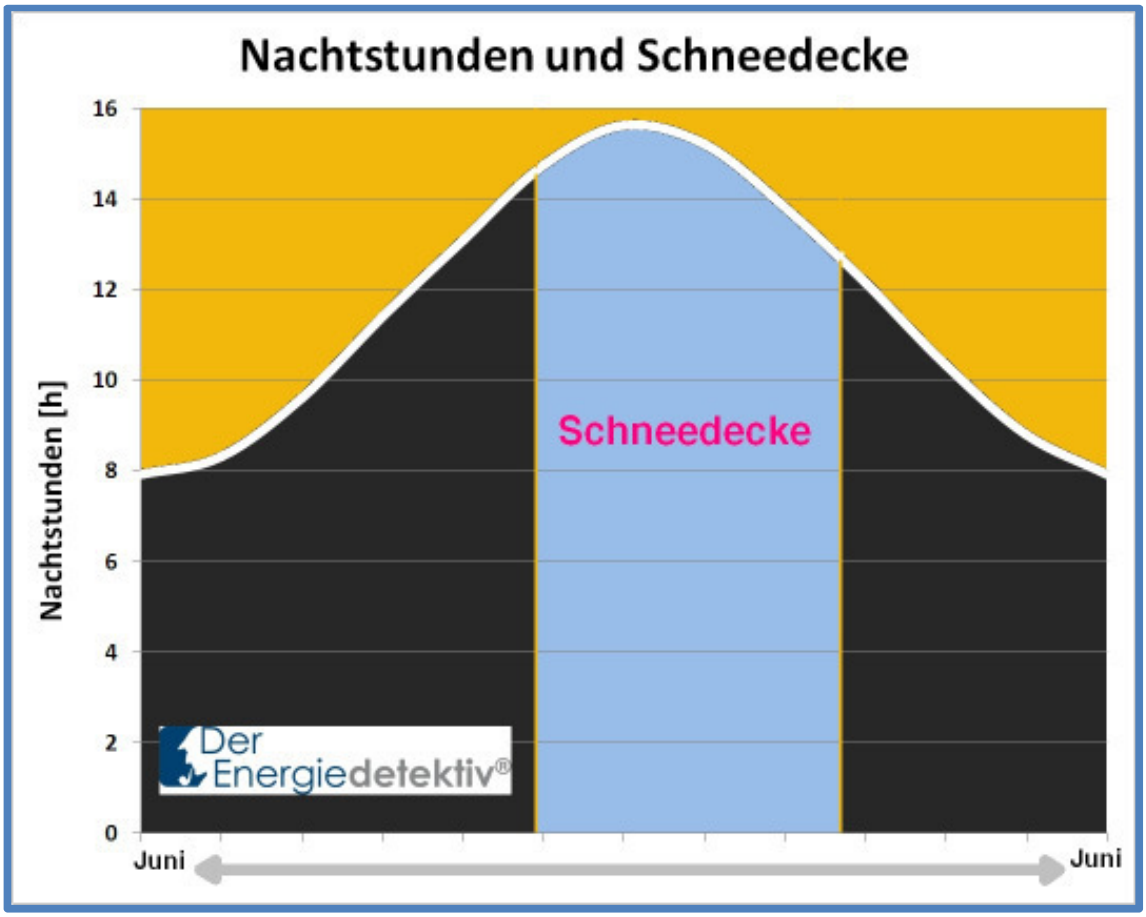

Bild 9-35: Im Winter sind die Nächte sehr lang und kalt. Die Schneedecke kann hier helfen, die Auskühlung des Bodens zu verringern (Steiermark, nach [9-31])

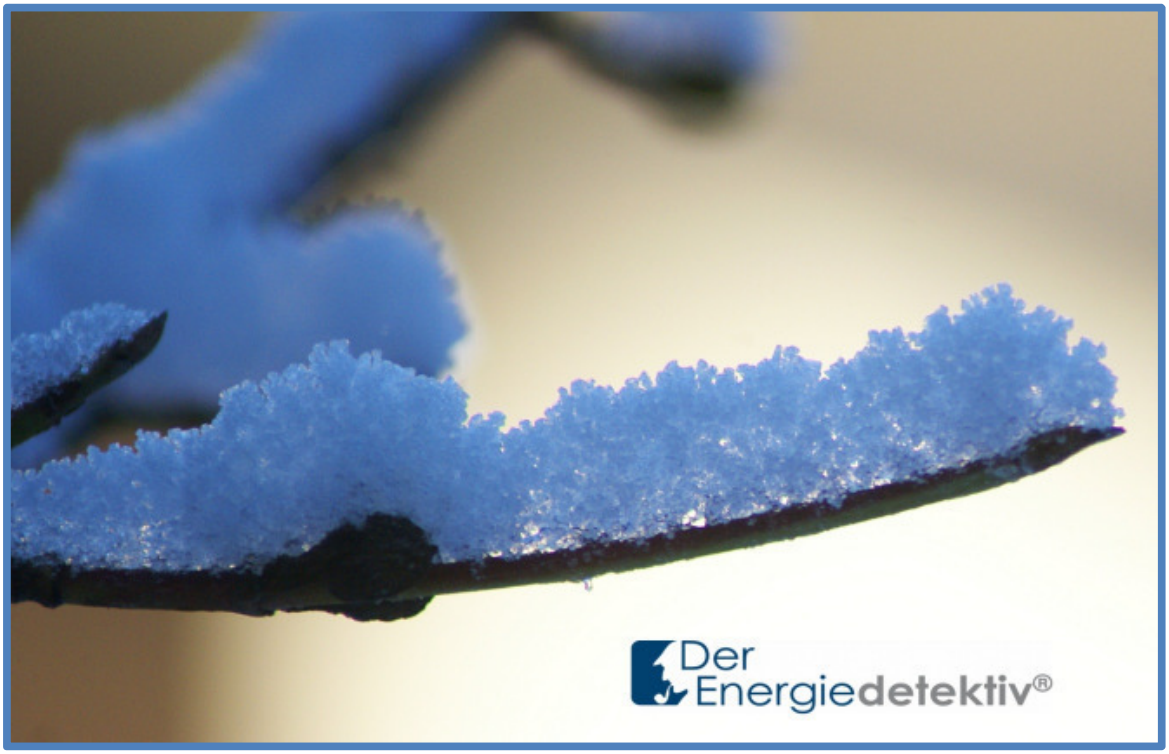

Bild 9-36: Die Schnee- und Eisschicht auf einem kleinen Ast läßt die Struktur und wärmedämmenden Luftzwischenräume erkennen

Je nach Gewicht und Alter des Schnees enthält eine Schneeschicht unterschiedlich viele kleine Luftzwischenräume. Schnee ist dabei durchaus zu vergleichen mit einer Dämmschicht aus Wärmedämmfilz. Durch die Luftzwischenräume ergibt sich dann eine unterschiedliche Dämmwirkung.

Die Dichtewerte für verschiedene Schneearten zeigen wir in Bild 9-37. Da ein Kubikmeter Wasser 1000 kg wiegt, zeigt ein davon abweichender Wert bei Schnee dessen Luftanteil. Je geringer die Dichte, desto mehr Lufträume befinden sich in der Schneedecke. Das bedeutet dann bessere Wärmedämmung der Schneeschicht.

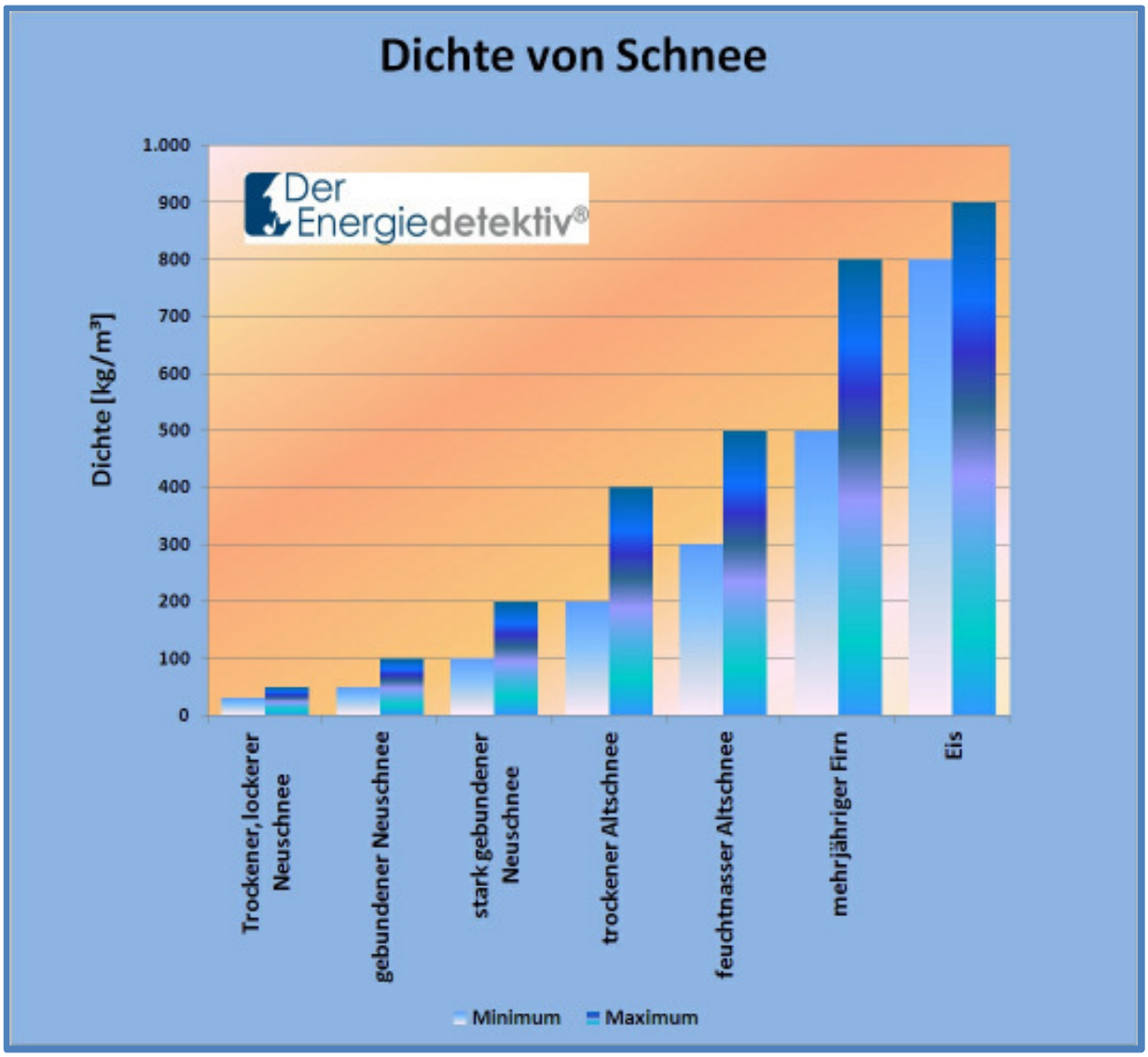

Bild 9-37: Der Luftgehalt einer Schneeschicht bestimmt die Dämmwirkung. Frischer Neuschnee kann bis zu 90% Luft beinhalten (nach [9-30])

Das kann man auch mit dem üblichen technischen Wert der Wärmeleitfähigkeit beschreiben. Die Wärmeleitfähigkeit von Schnee ist von seiner Struktur und Textur abhängig und nimmt mit seiner Dichte zu.

Je geringer die Wärmeleitfähigkeit desto besser die Dämmeigenschaften. Frisch gefallener Schnee hat eine Wärmeleitfähigkeit von 0,05 W/mK. Dies bei einer Rohdichte von 100 kg/m³ und eine Schichtstärke von 30 mm [9-32]. Damit ist er grob vergleichbar mit Wärmedämmfilz oder Schaumstoffplatten. Also mit durchaus üblichen Dämmstoffen im Bauwesen.

Durch die isolierende Wirkung des Schnees können, je nach Untergrundtemperatur, Schmelzprozesse an der Unterseite der Schneeschicht bereits einsetzen, obwohl die Lufttemperaturen unterhalb des Schmelzpunktes liegen. Die vor zu starker Auskühlung schützende Wirkung einer Schneedecke ist besonders in der Landwirtschaft vorteilhaft. Wenn der Boden noch von Schneeresten bedeckt ist, keimen - geschützt vor starker nächtlicher Wärmeabstrahlung und von tieferen wärmeren Bodenschichten erwärmt - bereits die ersten Frühlingsboten unter den Pflanzen [9-30].

9.15 Eis, Schnee und ein wenig Zeitgeschichte

Technisch genutzt haben der Autor und sein Bruder die Isolierwirkung von Schnee beim Bau von Iglus. Bild 9-38 zeigt ein Foto von solchen jugendlichen Versuchen. In der Schule lehrte man uns damals, dass die Welt auf eine Eiszeit zugeht.

Bild 9-38: der Autor und sein Bruder haben in jungen Jahren eigene Erfahrungen im „Iglubau“ gesammelt. Es war erstaunlich, wie warm ein solcher Iglu sein konnte

Man lehrte uns in der Schule auch eine andere, neuerdings angeblich falsche Ökonomie. Unsere unwissenden Lehrer behaupteten nämlich, Sparen sei besonders wichtig. Von Energieeffizienz wusste damals niemand etwas, aber jeder kannte den Sparefroh. Manche ältere Lehrer sagten sogar die Reduktion der Arbeitslosigkeit durch ein Beschäftigungsprogramm auf Pump würde direkt in den Krieg führen. Zumindest hätte dies die Hitlerzeit bewiesen.

Das persönliche Beschäftigungsprogramm der unbeschwerten Jugend in der winterlichen Freizeit war, möglichst viel Schnee aus der Umgebung zu holen. Nur mit solcher Sammelleidenschaft gelang es größere Schneeburgen zu bauen.

Unser Iglu war schon geschmolzen, da sang Rudi Carell einige Jahre danach im Radio: *„Wann wird's 'mal wieder richtig Sommer, ein Sommer, wie er früher einmal war? Ja, mit Sonnenschein von Juni bis September, und nicht so naß und so sibirisch wie im letzten Jahr."*

Auch er wusste noch nicht, dass der Treibhauseffekt zumindest das politische Klima und die Sorgen der Menschheit bald verändern würde. Zumindest unsere Regierung wusste schon, dass das mit den friedlichen Arbeitsplätzen auf Pump doch funktionieren würde. Ein Bundeskanzler erklärte ein paar Milliarden mehr an Staatsschulden würden ihm weniger Sorgen machen, als ein paar Arbeitslose.

Was man daraus im Laufe eines längeren Lebens lernt: gelehrte Wahrheiten über Klima, Geld, Arbeit oder Schulden können sich diametral und rasch ändern. Solche Fragen hängen scheinbar nicht nur von den Lehrern oder Wissenschaftlern ab. Sondern vor allem von den Politikern, Ökonomen und PR-Agenturen. Was einen auch manche Zusammenhänge bei Lehre, Wissenschaft und Politik hinterfragen lassen könnte.

Eines wissen wir ganz sicher aus eigenen Beobachtungen: zum Schluss kommt doch immer die Physik zum Tragen. Die braucht sich nicht an Politik, Ökonomie oder Klimathemen anzupassen. Denn sie ist, wie sie ist! Sonnenschein hat dann jeden Iglu irgendwann geschmolzen und der nächste Winter kam immer erst nach dem Sommer.

Wir wuchsen als junge Burschen übrigens in unmittelbarer Nähe der Endmoräne der letzten Eiszeit auf. Beim Spielen am Flussufer unserer kleinen Stadt konnte man mit etwas Glück übrigens auch uralte Haifischzähne finden. Die stammten aber nicht aus der Eiszeit, sondern von einem tropischen Meer, das noch vor den Gletschern der Eiszeit unsere Heimat bedeckt hatte.

Unsere Lehrer zeigten und erklärten uns das in aller Ruhe. Keiner erteilte panikartige Verhaltensregeln oder fürchtete sich vor einem Klimawandel und dem Haifisch. Vielleicht aber nur deshalb, weil die Häuser und Autos der Lehrer noch keine Klimaanlagen hatten.

Der Leser möge daher mit dem Autor Verständnis haben, wenn dieser neben CO_2 auch andere Aspekte des irdischen Klimas betrachtet. Eis und Schnee gehören dazu. Denn es gibt auch einige Dinge die völlig unabhängig von den menschlichen Ansichten bleiben. Egal ob es sich um ökonomische oder klimatologische Modelle handelt. Am Ende gelten immer nur die Naturgesetze.

Diese sind unbestechlich und unbeeinflußbar. Gott sei Dank möchte man fast sagen. Denn dem Einfluss der Politiker, Bürokraten und Regulatoren in allen Hauptstädten dieser Welt sind die wirklich wesentlichen Gesetze damit entzogen. Keine Verordnung der EU oder UN wird jemals die Schwerkraft abschaffen können. Da ist eher der umgekehrte Effekt zu erwarten. Keine Klimakonferenz wird auch jemals die physikalischen Grundlagen der Klimaanlage der Schöpfung außer Kraft setzen können.

Am Beispiel eines Iglus beweisen die Naturgesetze sowohl die Dämmeigenschaft von Schnee als auch den Vorteil einer hohen Strahlungsreflexion. Dieses Verhalten kann man immer wieder dokumentieren, wie auch die nächsten Abschnitte mit eigenen Beobachtungen zeigen.

9.16 Beobachtungen am winterlichen Boden

Bild 9-39 zeigt die Auffahrt beim Privathaus des Autors. Das Bild entstand Ende Dezember nach Schneefall. Im Wärmebild sind die Fahrspuren eines Autos erkennbar. Das nächste Bild 9-40 zeigt etwas seitlich dieser Auffahrt Fußspuren im Schnee. Sowohl diese Fußspuren als auch die Autospuren zeigen sich in den Wärmebildern als deutlich wärmere Stellen in der Schneedecke.

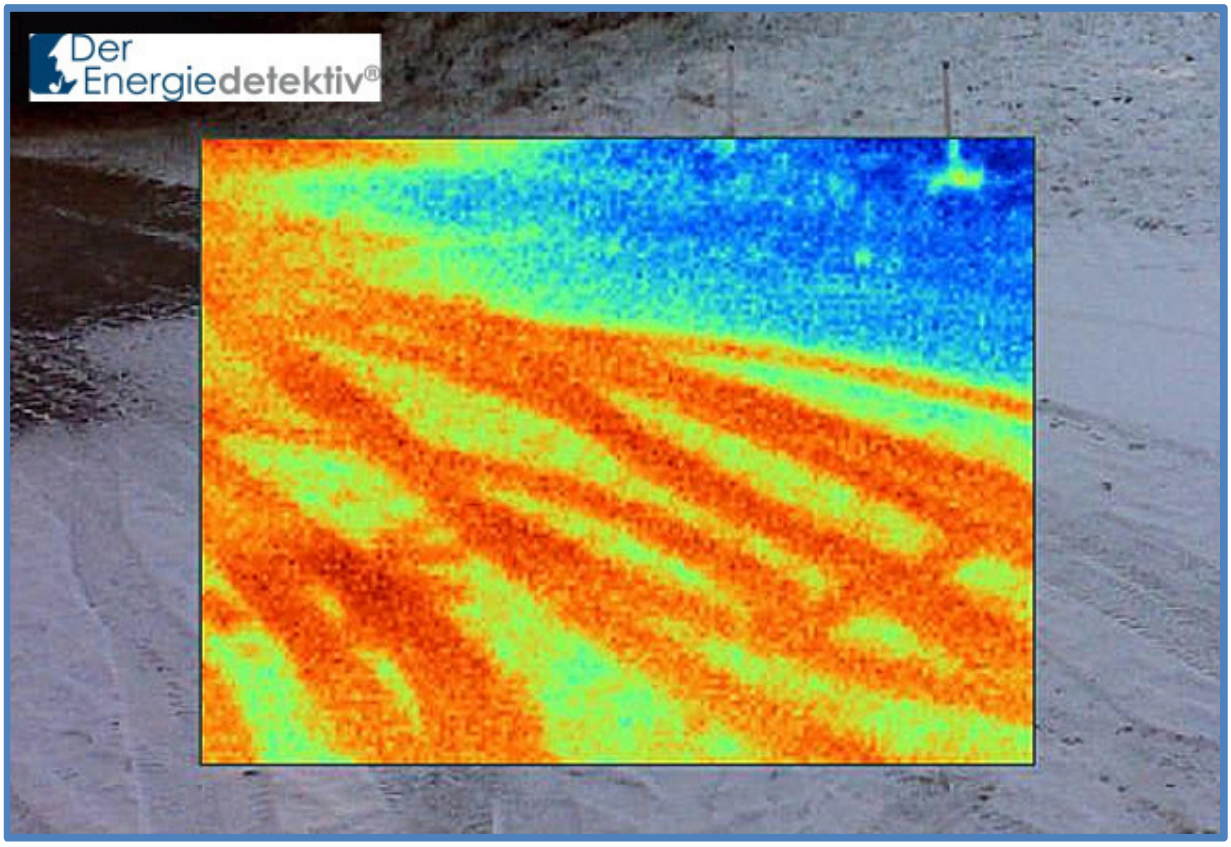

Bild 9-39: Die Fahrspuren eines PKW sind als Wärmespur im Schnee erkennbar

Nun ist wichtig zu wissen, dass diese Spuren schon 20 Stunden davor entstanden sind. Es handelt sich also nicht um eine von den Rädern des Autos oder den Füßen in den Schnee gebrachte Wärme. Im Gegenteil, es handelt sich um Wärme, die nicht von oben auf den Schnee kommt, sondern um Wärme die von unten durch den Schnee durchdringt.

Es handelt sich auch nicht um unterschiedliche Reflexionsverhältnisse, denn alle Bereiche sind mit Schnee bedeckt. Nur ist der Schnee an manchen Stellen durch das Auto oder menschliche Schritte verdichtet worden.

Wie deutlich dieser Unterschied ist, zeigt eine nähere Auswertung eines Fußabdruckes. In Bild 9-40 sind Fußspuren im Randbereich der Auffahrt mit der Wärmebildkamera festgehalten. Auch hier ist der Schnee verdichtet, allerdings noch als weiße Reflexionsschicht vorhanden. Dennoch erscheint die verdichtete Fläche wesentlich wärmer.

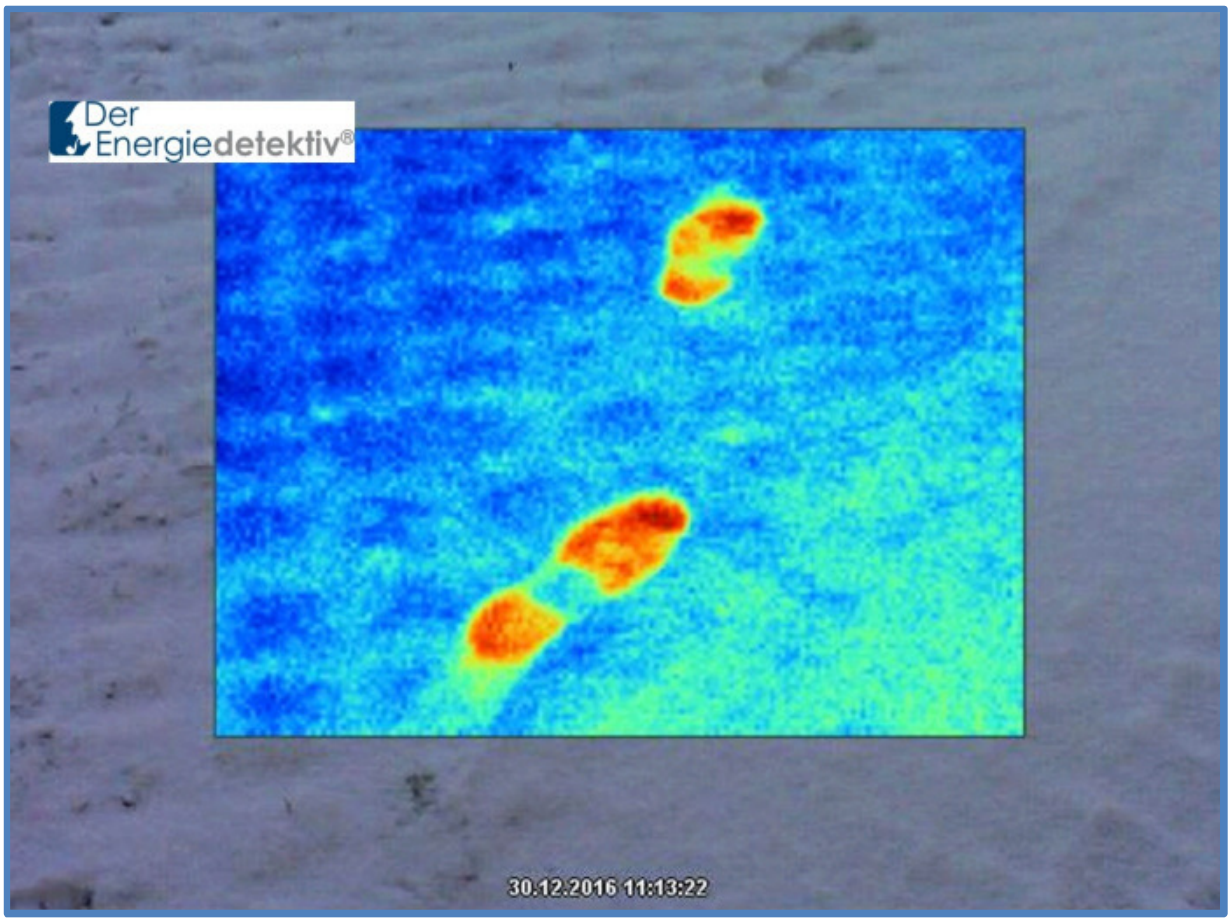

Bild 9-40: auch die Fußabdrücke in der etwa 2 cm dicken Schneeschicht sind im Wärmebild durch die Strahlungsverhältnisse deutlich erkennbar.

Im Wärmebild 9-41 ist dann eine rote Linie durch das Wärmebild erkennbar. Entlang dieser Linie wurden die Temperaturwerte näher ausgelesen. Die nähere Auswertung ist dann in Diagramm Bild 9-42 dargestellt. Hier wird ein hoher Temperaturunterschied zwischen Abdruck und umliegender Schneedecke angezeigt. Im stark verdichteten Schnee im Bereich des Fußabdrucks ist die Strahlungstemperatur um 4 Grad höher als im unberührten Bereich. Diese Auswertung macht deutlich, welch großen Einfluss die Struktur der Schneedecke auf den Wärmehaushalt der Erde hat. Dass es sich dabei wirklich um den Wärmefluss aus dem Erdreich handelt, zeigt ein weiterer Versuch.

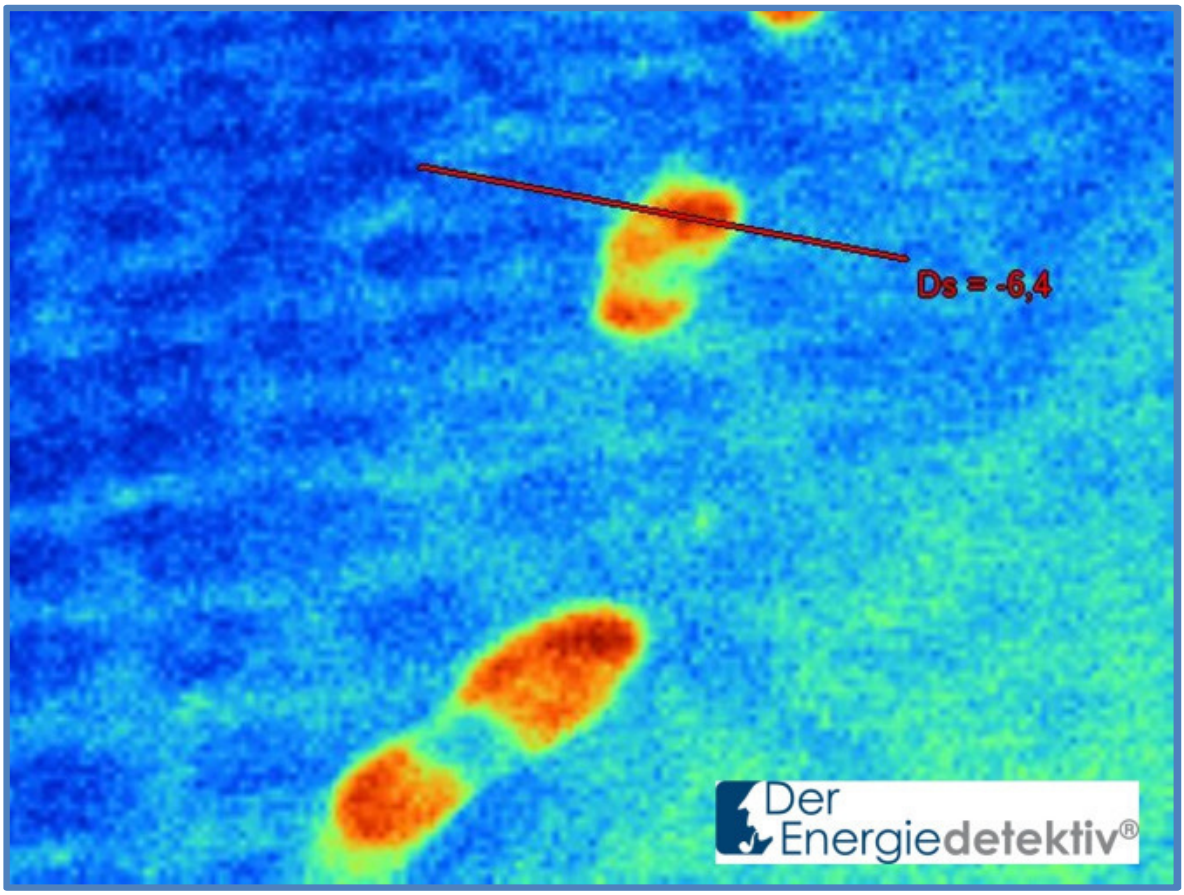

Bild 9-41: entlang der markierten Linie wurde die Temperatur näher ausgewertet

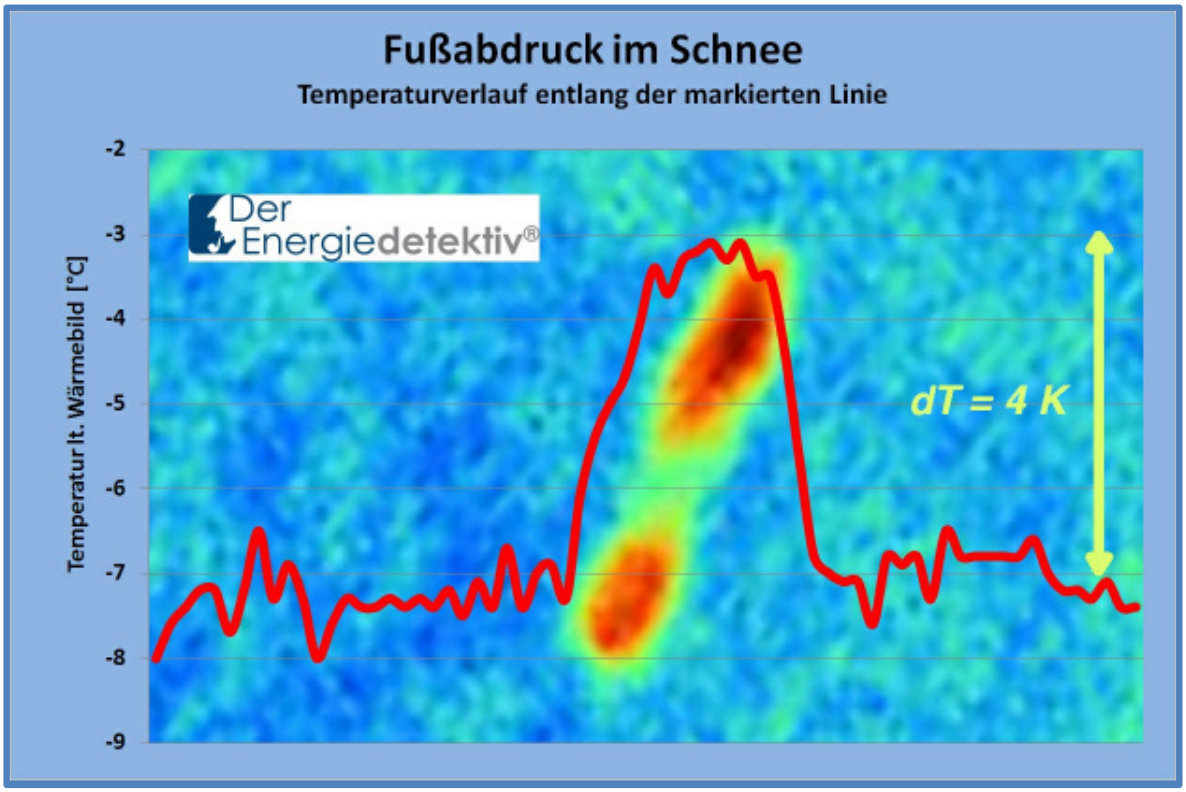

Bild 9-42: die genauere Auswertung zeigt, dass innerhalb des Fussabdrucks die die Oberflächentemperatur um 4 Grad höher liegt

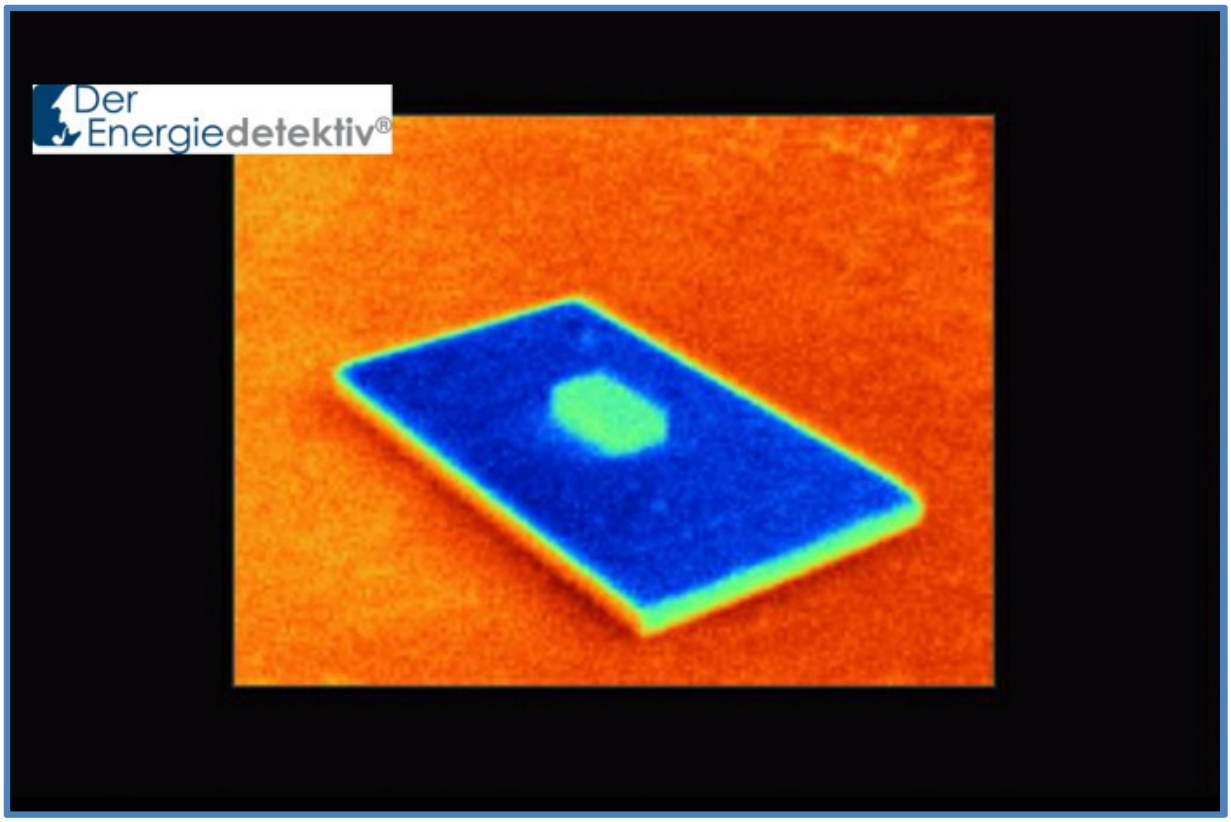

Bild 9-43: während einer sternenklaren Winternacht wurde eine 5 cm starke Schaumstoffplatte auf die Pflasterung gelegt. Der kalte Nachthimmel ist als Reflexion wesentlich kälter als die umliegende Straße

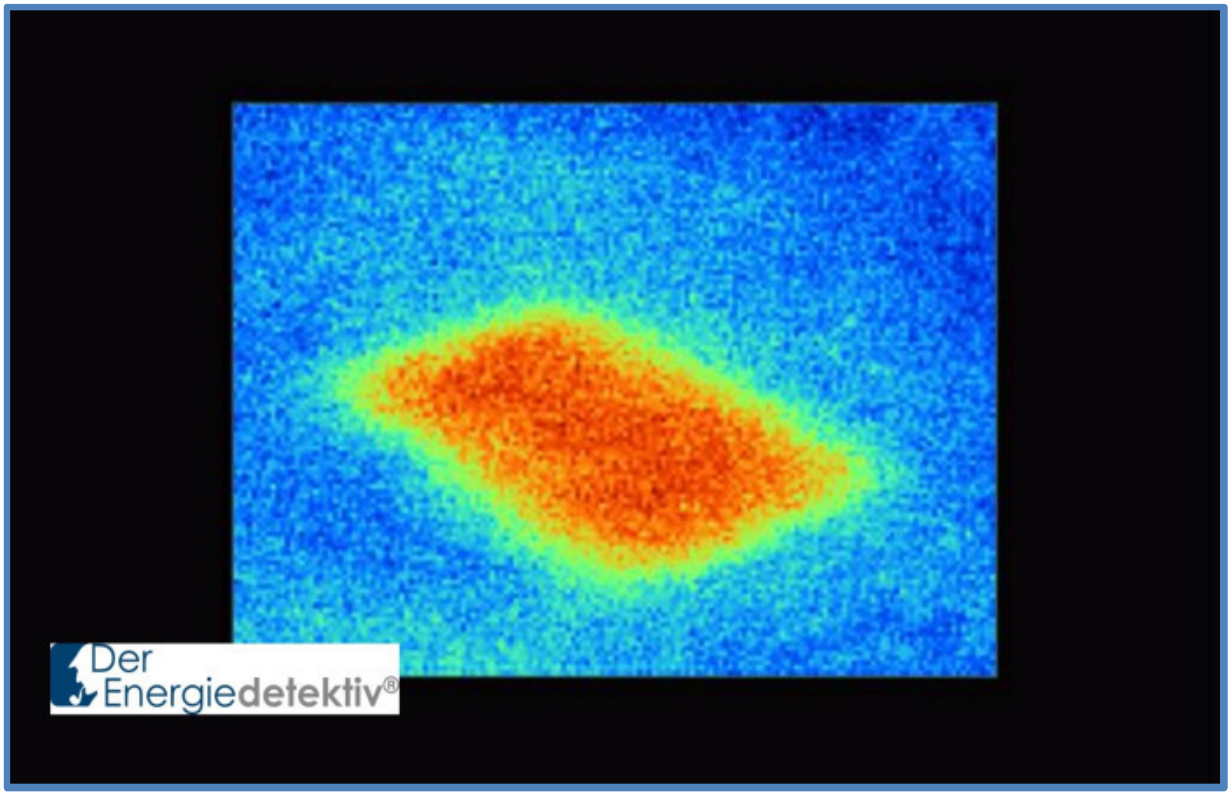

Bild 9-44: Die Entfernung der Dämmplatte nach mehreren Stunden beweist, dass die Wärme aus der Erde herausströmt und an den kalten Nachthimmel abgegeben wird

Die Bilder 9-43, 9-44 und 9-45 beweisen mit einem zusätzlichen Experiment, dass die Wärme tatsächlich aus dem Erdreich nach außen strömt. Hier wurde auf der Auffahrt in einer sehr kalten und gleichzeitig sternenklaren Nacht eine Dämmplatte auf die Betonsteine gelegt. Diese waren zu diesem Zeitpunkt nicht verschneit. Die Dämmplatte bestand aus einer 5 cm starken Polystyrolschicht.

Das Wärmebild 9-43 zeigt den kalten Nachthimmel, der an der Oberfläche der weißen Dämmstoffschicht reflektiert wird. Im Gegensatz dazu ist die gepflasterte Auffahrt wesentlich wärmer. Die Dämmplatte wurde mit einem Betonstein beschwert und mehrere Stunden an dieser Stelle liegen gelassen.

Nach Entfernen der Dämmplatte zeigt sich ein umgekehrtes Temperaturverhältnis. Dort wo die Schaumstoffplatte auf den Pflastersteinen lag und nun entfernt wurde, ist es nun wärmer. Diese um ca. drei Grad „erhöhte Temperatur“ kann nur aus dem Erdreich kommen. In Bild 9-45 ist der Temperaturverlauf wieder genauer ausgewertet.

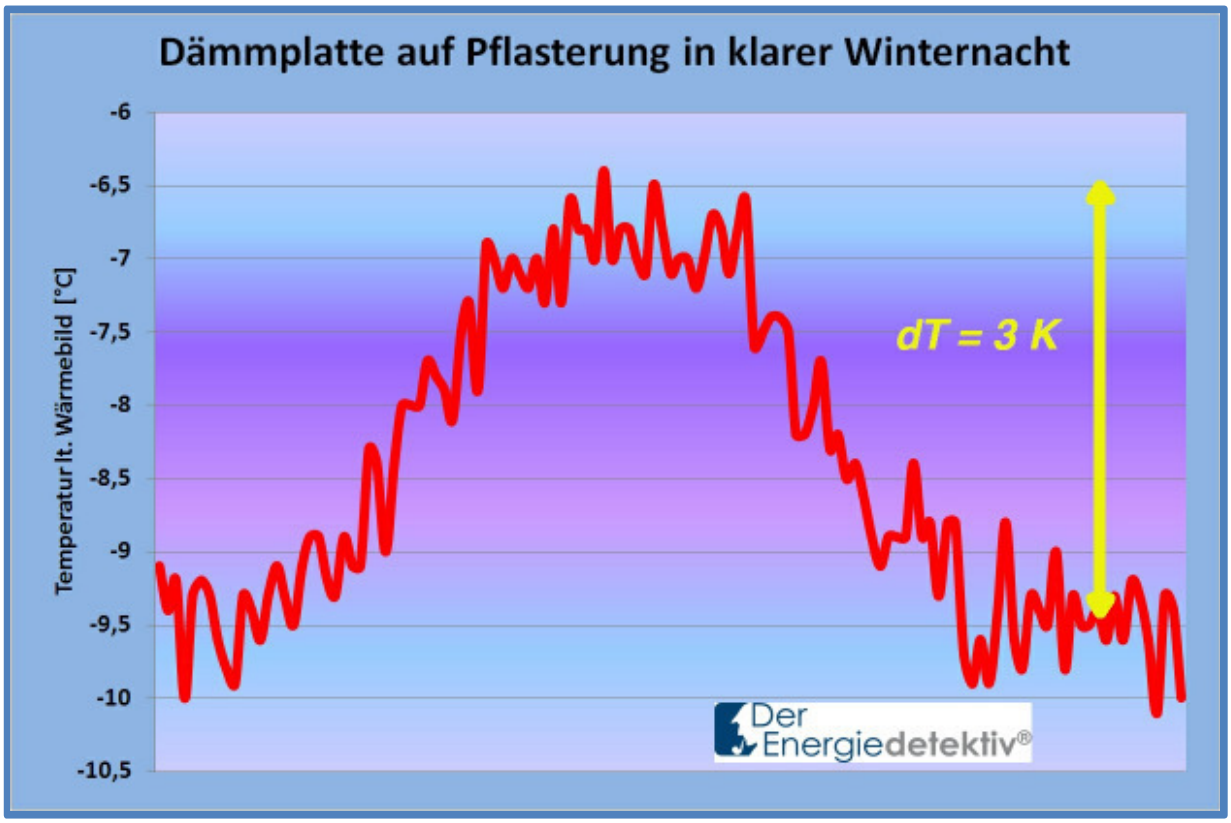

Bild 9-45: die genauere Auswertung zeigt, dass innerhalb des davor noch gedämmten Bereichs die Oberflächentemperatur um 3 Grad höher liegt. Die horizontale Skala entspricht der Position über die gepflasterte Auffahrt

Das Erdreich konnte an der Stelle mit der Polystyrolplatte aufgrund der künstlichen Wärmedämmung nicht so stark auskühlen, wie das umliegende, ungedämmte Erdreich. Es macht also einen wesentlichen Unterschied im Bodenbereich, ob die Erdoberfläche durch eine dämmende Schicht geschützt ist, oder nicht.

Diese Beobachtungen, Bilder und Auswertungen machen den Zusammenhang zwischen Schnee und Bodentemperatur verständlich. Im Winter stellt der Schneebelag eine schützende Dämmschicht für den Boden dar. Schnee verhindert durch die geringere Wärmeleitung und die weiße Oberfläche eine zu starke Wärmeabstrahlung gegen den kalten Winterhimmel. So wird ermöglicht, dass unter der Erde Lebewesen den Winter gut überstehen können. Während der Igel unter einem Laubhaufen überwintert, können Wühlmaus und Maulwurf den Winter im Erdreich unter der Schneeschicht überstehen. Der Schnee ist damit nicht ein Alarmzeichen für die zu hohe Abkühlung des Bodens. Die Schneedecke zeigt hingegen einen, von der Schöpfung vorgesehenen Sicherheitsmechanismus, der ein zu großes Abkühlen während der langen Winternächte verhindert. Es ist dies einer der zahlreichen selbstständig tätigen Regulierungsmechanismen im irdischen Klimasystem. Er gehört zu jenen Faktoren die nicht nur das Klima stabilisieren, sondern auch das Leben und Überleben garantieren.

Dabei sollte man sich aber auch immer in Erinnerung halten, dass eine Schnee- oder Eisschicht erst dann entstehen kann, wenn entsprechende Niederschläge möglich sind. In unserer Untersuchung zeigen wir mehrere Faktoren der Energiewende, die die Luftfeuchtigkeit beeinflussen. Wir zeigen mehrere Faktoren, die zu Umverteilungsprozessen bei Niederschlägen oder durch Entfeuchtung der Luft führen. All diese Faktoren scheinen in gleicher Tendenz zu wirken und die Luftfeuchtigkeit zu senken. Dies ist ein durchaus alarmierendes Signal. Denn wenn heute vom Abschmelzen der Gletscher berichtet wird, darf man nicht vergessen, dass ein Substanzverlust erst entsteht, wenn das Gleichgewicht zwischen Niederschlag und Abschmelzen beeinträchtigt wird. Unsere Studie liefert Hinweise auf mehrere Faktoren, die das hervorrufen könnten. Leider könnte auch die Windenergie dazu beitragen. Dem Leser sei dringend empfohlen, die Frage der Luftfeuchtigkeit daher immer bei allen Themen der Energiewende und des Klimaschutzes zu berücksichtigen.

9.17 Die Wärme des Bodens

Es ergibt sich nun die Frage, woher eigentlich die unter der Schneedecke vorhandene Wärme stammt? Man könnte meinen, es ist dies nur die eingelagerte Sonnenenergie. Die Wärme stammt vielleicht noch aus dem Sommer oder den letzten richtig sonnigen und warmen Tagen. Dies ist allerdings nur ein Teil der wirklichen Antwort. Natürlich spielt hier die Sonneneinstrahlung eine ganz wesentliche Rolle.

Aber den wenigsten Mitmenschen ist bewußt, in welcher Situation wir uns auf der Erdoberfläche wirklich befinden. Denn wir schauen in Klimafragen nur zum Himmel. Voller Sorgen blicken wir auf die Gase in der Atmosphäre und die Sonne, die das ganze warm und am Laufen hält. Wir erkennen in ihr die extrem weit entfernte Energiequelle für das irdische Klima.

Bei unserer Arbeit als „Der Energiedetektiv" ist es immer wichtig, alle energietechnischen Umstände des Kunden zu kennen. Wir fragen nach den verwendeten Energieträgern und Anlagen. Bei solchen Besprechungen kommt am Schluss meistens noch die Frage „Und haben Sie sonst noch was?“

Diese Frage sollten wir uns hier auch stellen. Wir wissen, dass die Strahlungsenergie der Sonne das irdische Klima bestimmt. Diese Sonne ist 149.600.000 km von uns entfernt. Sie hat eine Oberflächentemperatur von ca. 5.500 Grad Celsius. Dies führt zu jener Wärmestrahlung, die unser Leben bestimmt.

Aber ist es Ihnen, geehrter Leser, bewusst, dass es auch eine zweite Wärmequelle gibt, die Ihr Leben beeinflußt? Wenn Sie nein sagen, dann geht es Ihnen nicht anders als den meisten Menschen. Wir hören und sehen was uns am Bildschirm oder Radio präsentiert wird. Wir glauben es oder glauben es nicht. Haben Sie in der ganzen Klimadebatte schon einmal von einer zweiten Wärmequelle gehört? So eine gibt es nämlich wirklich. Die Kenntnis dazu könnte ihre Ansichten allerdings etwas ändern. Denn wir alle – inklusive aller Klimaforscher – haben zu wenig Kenntnis davon. Und wir haben eigentlich auch keine ausreichenden Messwerte zu dieser zweiten Quelle. Unsere Situation wird tatsächlich auch von einer zweiten Wärmequelle beeinflusst. An die denken wir nur nicht. Dennoch ist sie da, denn eine wahrhaft höllische Temperatur ist uns allen näher als wir denken. Nur zwischen etwa

5.000 und 6.000 km von uns entfernt befindet sich der innere Erdkern. Dieser hat eine Temperatur von ca. 6.000 Grad Celsius [9-33]. Exakte Angaben liegen nicht vor. Denn die Temperaturen im Erdinneren können nur aufgrund indirekter Meßergebnisse und bestimmter Modelle abgeschätzt werden, da die tiefsten Bohrungen, in denen die Temperatur gemessen wurde, eine maximale Tiefe von ca. 10 bis 12 km erreichen [9-34].

Wir kennen die Geothermie, wir wollen sie im Zuge der Energiewende nutzen. Aber uns ist gleichzeitig meist nicht bewusst, dass keine 6.000 km von uns entfernt im Erdinneren höhere Temperaturen herrschen, als auf der Sonnenoberfläche. Wir haben dazu in Bild 9-46 die Temperaturskala des Wassers dem Temperaturbereich zwischen Erdoberfläche und Erdkern gegenübergestellt.

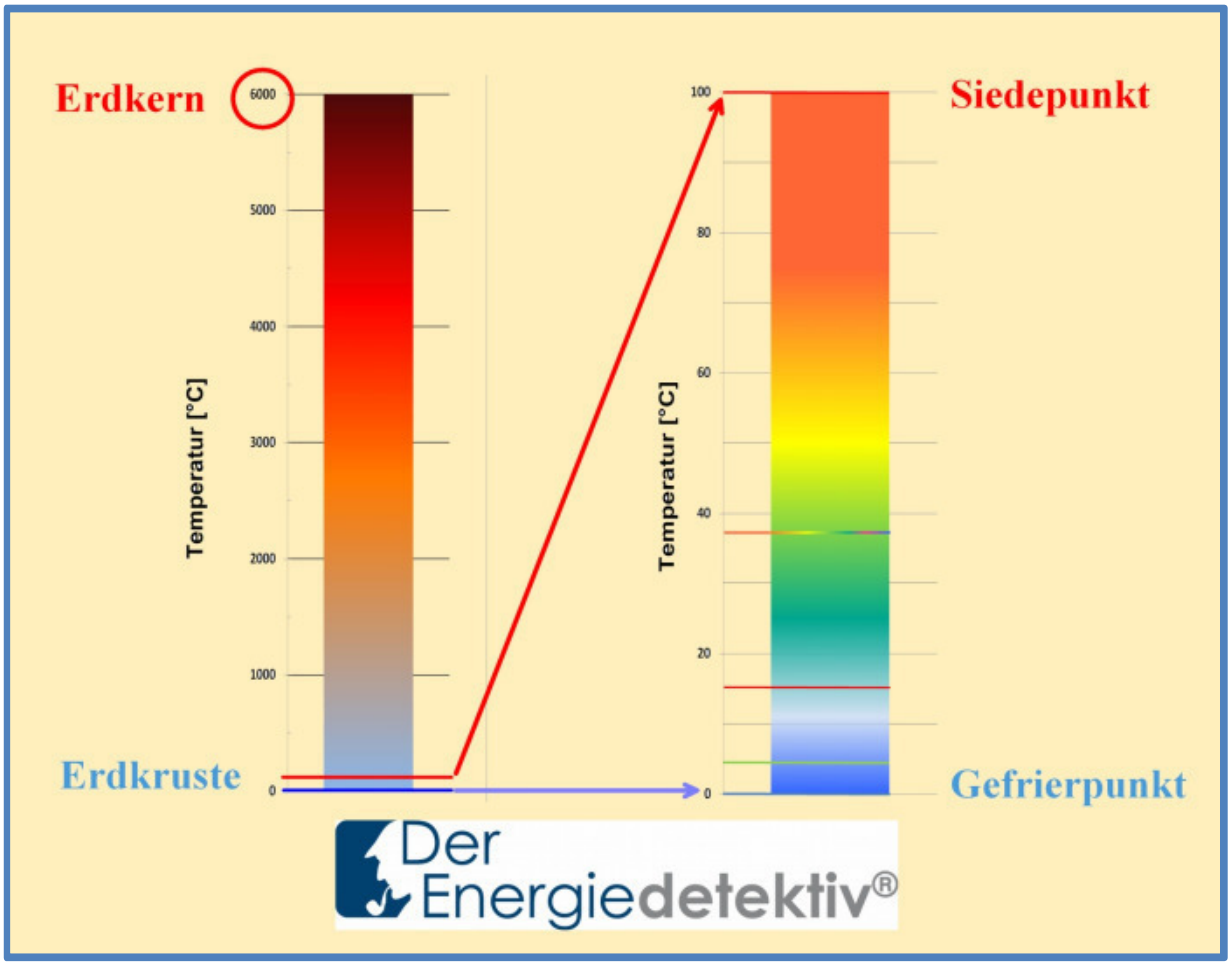

Bild 9-46: Darstellung der für das irdische Klima auf der Erdoberfläche maßgeblichen Temperaturwerte. Diese sind in Grad Celsius in der rechten Skala angegeben. Sie erfasst den entscheidenden Temperaturbereich für flüssiges Wasser (unter Normaldruck). Das stellt nur einen engen Bruchteil der uns umgebenden Temperaturverhältnisse im Erdinneren dar, wie die linke Skala verdeutlicht.

Der Vergleich der Temperaturwerte in Bild 9-46 folgt dabei dem ähnlichen Bild 9-19 (mit den Temperaturverhältnissen der Sonne). Zusätzlich zu den beiden Grenzwerten (Siedetemperatur, Gefrierpunkt) haben wir in der rechten Skala auch jetzt noch andere Temperaturwerte markiert. Sie stellen den Wertebereich dar, um den sich die menschlichen Bemühungen konzentrieren.

Etwas unterhalb des 20°C-Wertes, bei einem Wert von 15°C wird der Leser eine rote Linie feststellen können. Dies ist die mittlere globale Oberflächentemperatur der Erde. Dies ist sozusagen der Normalwert an Temperatur, dessen Konstanz man anstreben möchte.

Deutlich oberhalb dieser markierten roten Linie ist dann eine weitere, mehrfärbige Linie vorhanden. Diese dient als jedermann bekannte, aber meist nicht sehr bewusste Referenzlinie. Es ist die Körpertemperatur des Menschen bei 37°C. Sie ist sozusagen der Normalwert für den Menschen. Der gesunde menschliche Körper reguliert auf diesen Wert hin. Durch Verbrennung von Nahrung versucht der menschliche Organismus diesen Wert möglichst genau einzuhalten.

Die Werte der rechten Skala symbolisieren somit den Temperaturbereich des Lebens auf der Erdoberfläche. In der linken Bildhälfte ist der Temperaturbereich im Erdinneren dargestellt. Dieser geht bis zu einer Temperatur von 6.000 °C.

Werter Leser, bitte stellen Sie sich das einmal bildlich vor: nur etwa 6.000 km unter Ihnen herrscht jetzt eine Temperatur wie auf der Sonne. Bei einer Geschwindigkeit von 100 Stundenkilometer könnten sie mit dem Auto in 60 Stunden diese Strecke zurücklegen. Also in nicht einmal drei Tagen, wenn Sie einen zweiten Fahrer hätten und ohne Pause durchfahren. Zur Sonne würden Sie hingegen mit der gleichen Geschwindigkeit 170 Jahre pausenlos unterwegs sein. Das sind die erschreckenden Dimensionen, in der sich unser Leben samt der Klimafrage abspielen.

Der lebenswerte Bereich um uns, die Biosphäre, ist nur ein ganz, ganz schmaler Bereich zwischen zwei Wärmequellen. In Wirklichkeit befinden wir uns an der Erdoberfläche zwischen zwei extremen Hitzepolen: jenem der Sonne am Himmel und jenem im Erdinneren. Während die Temperaturen an beiden Enden um 6.000 Grad liegen und damit annähernd gleich sind, sind die Entfernungen völlig unterschiedlich.

Man könnte als Metapher sagen, **die Hitze der Hölle ist der Menschheit ein Vielfaches näher als die himmlische Sonne**. Ein starker Vulkanausbruch kann ganz plötzlich passieren und über Nacht Hunger und Tod auslösen und den Sommer zum verschwinden bringen. So wird beispielsweise das ungewöhnlich kalte Jahr 1816 auf den Ausbruch des Vulkans Tambora zurückgeführt. Katastrophale Missernten und Hungersnot waren die Folge [9-39; 9-40].

Der Autor kann jedem, der sich zu viel Sorgen, zu welchem Thema auch immer, macht, nur empfehlen einmal einen Tag über die Realität dieser beiden Hitzepole nachzudenken, vielleicht darüber zu meditieren oder gar zu beten.

Man könnte sich beispielsweise fragen, ob es nun göttliche Gnade oder Willkür einer gnadenlosen Natur ist, dass sich der Mensch an der Erdoberfläche in einem Zwischenstadium mit halbwegs angenehmen Temperaturen befindet.

Auf beiden Seiten Wärmequellen mit ca. 6.000 °C und dazwischen der Mensch und alles sonstige Leben bei halbwegs angenehmen Temperaturen um 15 °C. Wir haben versucht diese Verhältnisse in Bild 9-47 etwas genauer darzustellen. Diese schematische Darstellung soll das Umfeld verdeutlichen, in dem sich unser irdisches Leben abspielt.

Die Erdoberfläche auf der wir uns befinden, ist als braune senkrechte Linie gekennzeichnet. Die weiße Linie stellt den Temperaturverlauf rund um diesen sensiblen Bereich dar. Nach links führt der Weg ins Erdinnere mit raschem Anstieg der Temperatur. Im Erdkern, der nur etwa 6.000 km von uns entfernt ist, herrscht eine Temperatur um 6.000 Grad.

Am anderen Ende der Skala befindet sich die Sonnenoberfläche. Diese weist ebenfalls eine Temperatur knapp unter 6.000 Grad Celsius auf. Sie ist 149.600.000 km von unserem Standpunkt auf der Erdoberfläche entfernt.

Oberhalb der Erdoberfläche pendelt die Temperatur etwas mit der Höhe. Weit draußen im Weltall herrscht ein fast vollständiges Vakuum. Daher ist diesem die Hintergrundstrahlung mit einer Temperatur von -270 °C zugeordnet. Der als kleiner roter Kreis markierte Bereich soll den unmittelbaren Lebensbereich der Menschheit kennzeichnen. Hier – und nur hier – herrschen jene Bedingungen, die das irdische Leben ermöglichen.

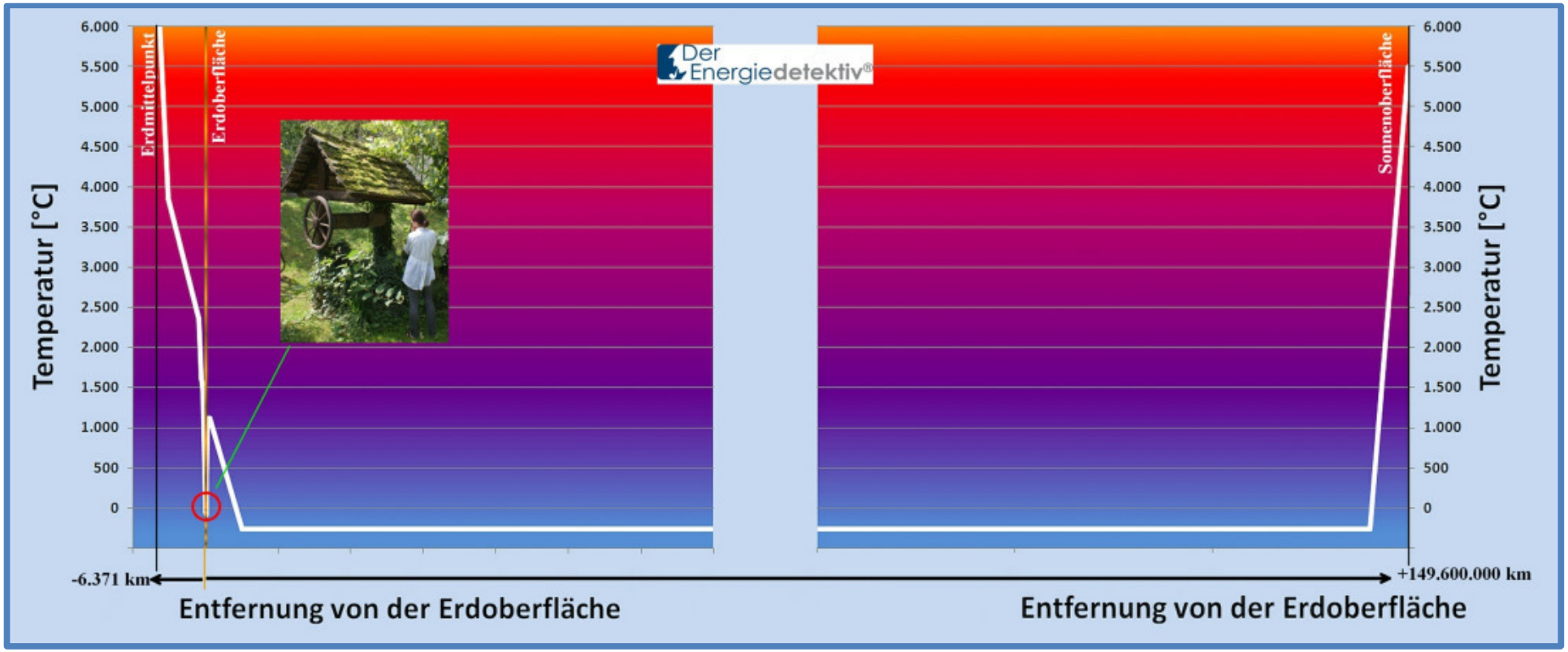

Bild 9-47: Unser irdisches Leben spielt sich zwischen zwei extremen Hitzepolen ab. Einerseits herrscht im Erdinneren eine Temperatur um 6.000 Grad Celsius. Die Sonne erwärmt mit ihrem Licht die Erdoberfläche, weist ihrerseits aber auch eine Oberflächentemperatur knapp unterhalb von 6.000 Grad auf. Dazwischen liegt das leere Weltall mit einer Temperatur von minus 270 Grad Celsius. Nur an der Erdoberfläche herrschen jene Bedingungen, die das irdische Leben ermöglichen. Hier sind jene Temperaturwerte gegeben, die flüssiges Wasser und damit Leben garantieren. Wir haben versucht dies mit dem Bild eines alten verwachsenen Brunnens an dem nachdenklich eine junge Frau steht, zu verdeutlichen. Wasser und seine physikalischen Eigenschaften sind jener regulierende Faktor der das Klima über Jahrmillionen, trotz unterschiedlichster Katastrophen garantiert hat.

Hier sind jene Temperaturwerte gegeben, die flüssiges Wasser und damit Leben ermöglichen. Wir haben versucht dies mit dem Bild einer jungen Frau die nachdenklich bei einem alten verwachsenen Brunnen steht, zu verdeutlichen.

Wasser ist Lebensmittel und Lebensnotwendigkeit. Wasser und seine physikalischen Eigenschaften sind aber auch jener wichtigste regulierende Faktor der das Klima über Jahrmillionen, in Kombination mit unterschiedlichsten CO_2-Werten, garantiert hat.

Wasser ist das Kältemittel der irdischen Klimaanlage, die an der Erdoberfläche Kälte produziert und in höhere Schichten transportiert. So erfolgt über Strahlungsvorgänge ein wichtiger Teil der Wärmeabgabe nach außen.

Die hohen Temperaturwerte am rechten und am linken Ende der Darstellung in Bild 9-47 lassen die genauere Situation rund um unsere Biosphäre allerdings kaum erkennen. Man sieht vorerst nur, von welchen Extremwerten der Mensch umgeben ist. Wobei wir weder auf die Verhältnisse im Erdinneren noch auf jene auf der Sonne irgendeinen Einfluss hätten.

Um den Temperaturverlauf im Bereich der Erdoberfläche näher zu erfassen, schauen wir nun wie durch ein Mikroskop in den rot markierten Kreis aus Bild 9-47. Dann sehen wir in Bild 9-48 diesen Ausschnitt der großen Skala. Hier ist der Temperaturverlauf in einem Bereich von +/-1.000 km um die Erdoberfläche dargestellt. Die Erdoberfläche haben wir auch hier als braune Linie markiert.

Links im Bild geht es wieder in Richtung des Erdinneren. In 1.000 km Tiefe herrscht eine Temperatur von über 2.000 °C. Rechts der braunen Linie sind die Temperaturwerte oberhalb der Erdoberfläche eingezeichnet. Die Temperatur pendelt in Atmosphäre und Ionosphäre hin und her. In der Ionosphäre erreichen die wenigen Teilchen die hier noch gegeben sind eine Temperatur von über 1.000 °C. Allerdings ist die Teilchendichte hier schon extrem niedrig.

Die Temperaturverläufe haben wir nach Angaben in [9-34] und [9-35] und [9-36] skizziert. Es ist zu beachten, dass die Temperaturen im Erdinneren nur ungefähr bekannt sind.

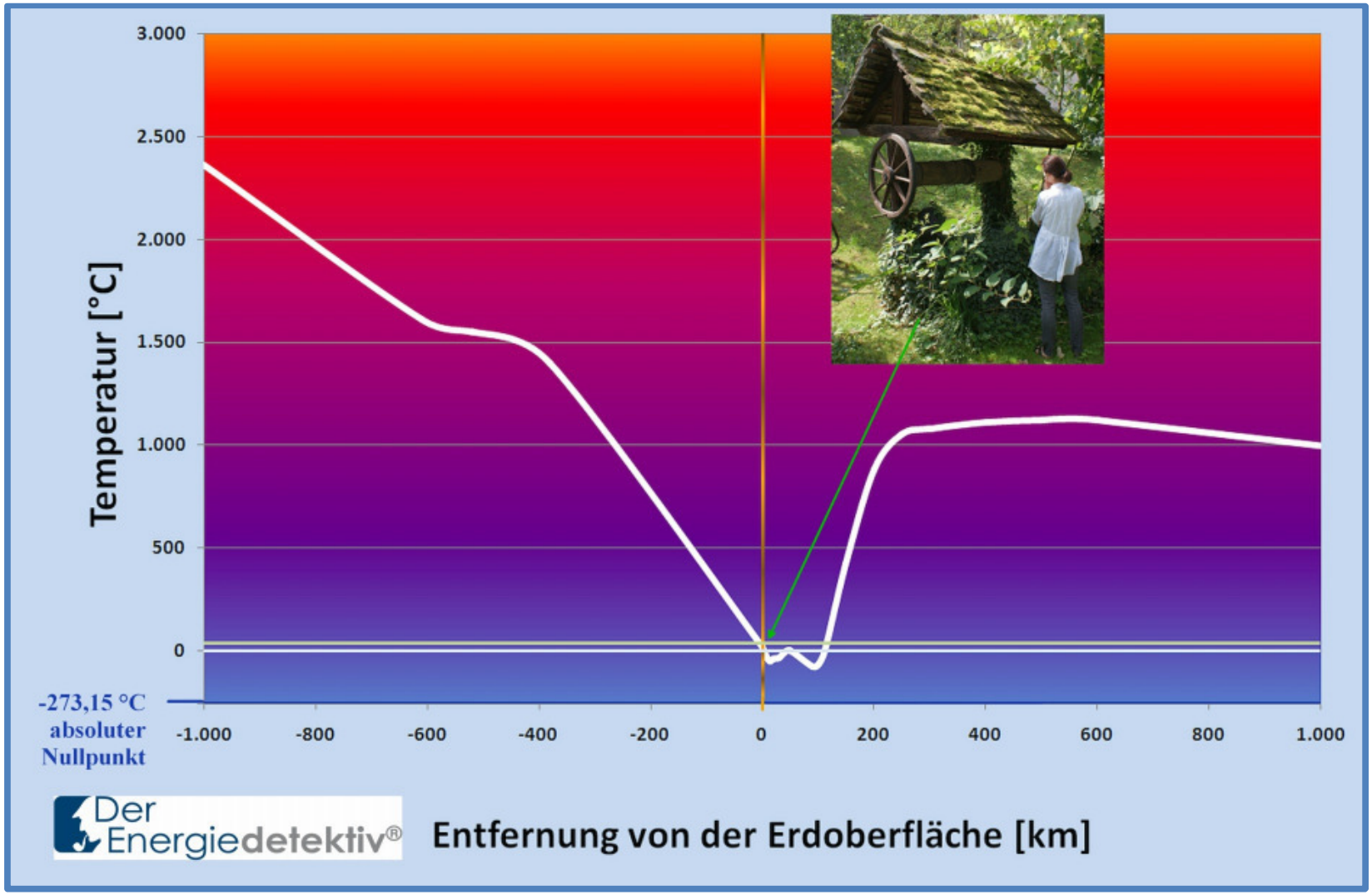

Bild 9-48: Schon die Temperaturverhältnisse im Bereich von 1.000 km um die Erdoberfläche zeigen in welchem sensiblen Bereich sich das gesamte Leben befindet

Für den unteren Erdmantel und den äußeren Erdkern gibt es keine Angaben zur Temperatur, die direkt oder indirekt aus Beobachtungen bestimmt wurden. In 200 Kilometer Tiefe wird die Temperatur auf ca. 1.750 °C geschätzt. Die Menschheit weiß noch viel zu wenig, um hier genaue Angaben machen zu können. Durch Experimente werden die Temperaturen im Erdinneren näher bestimmt. Der Stand des Wissens ändert sich permanent. So berichtet im Jahr 2013 die Deutsche Physikalische Gesellschaft mit Unterstützung des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung, dass der Erdkern um 1.000 Grad heißer sei als bislang angenommen [9-36]. Messungen am Max-Planck-Institut für Chemie im Jahr 1993 hatten noch einen um 1.000 Grad niedrigeren Wert geliefert.

Innerhalb von 20 Jahren wurde das Wissen über die Temperatur des Erdkerns somit um 1.000 Grad bzw. 20% oder 200.000 ppm geändert. Eine schon erstaunliche Tatsache.

Aber zeigt es nicht auch, wie wenig wir wirklich wissen? Wenige Kilometer unter der Erde endet unser exaktes Wissen. Wir sind auf Annahmen und Modellrechnungen angewiesen. Gleichzeitig glauben Teile der Menschheit klug genug zu sein und ganz genau zu wissen, wie man die Temperatur an der Erdoberfläche weitgehend auf 2 Grad stabil halten kann. Sie machen dazu Verträge und wollen die ganze Menschheit für dieses Projekt tributpflichtig machen. Hoffentlich kommt man dann nicht in 2 oder in 20 Jahren darauf, dass die wissenschaftlichen Modelle auch hier um 1.000 Grad falsch waren!

Insgesamt ist es überraschend, dass in Zusammenhang mit dem Klimawandel kaum Informationen zum Einfluss der Geothermie kommuniziert werden. Dieser Einfluss wird scheinbar in den Klimamodellen nicht berücksichtigt bzw. als zu gering eingeschätzt. Dies wird damit begründet, dass die geothermische Energie der Erde nur einer Wärmeflussdichte von 0,06 W/m² entspricht. Sie hätte damit für die Bilanz der Erdoberfläche gegenüber der Atmosphäre kaum Bedeutung [7-6]. Die Klimaforschung konzentriert sich daher auf die Strahlungsbilanz der Erdoberfläche.

Man muß sich die Situation dabei so vorstellen, als sitze man zwischen zwei unterschiedlichen Wärmequellen. Auf der einen Seite ein großes, heftiges Lagerfeuer und auf der anderen Seite eine Fackel. Will man sich weder auf der einen noch auf

der anderen Seite verbrennen, müßte man eigentlich beide Seiten gut kennen. Aber wie gut kennen wir eigentlich wirklich die Situation im Erdreich und seinen Einfluss auf das Klima?

Irgendwie ist es schon erstaunlich, dass offenbar niemand dieser Frage näher nachgeht. Bei unzähligen Informationsveranstaltungen wird über den Klimawandel, den Anstieg der Erdtemperatur und die Treibhausgase referiert. Aber der mögliche Einfluss der Geothermie auf die klimatischen Bedingungen wird als irrelevant betrachtet und nicht einmal erwähnt. Das dürfte vor allem daran liegen, dass es kaum Messwerte über längere Zeiten gibt, die eine Zuordnung in unterschiedlichen Tiefen ermöglicht.

Wenn von Erderwärmung gesprochen wird, dann müsste man dazu sagen, dass man darüber eigentlich gar nichts sagen kann. Denn es gibt faktisch keine nennenswerten Daten zur Bodentemperatur über längere Zeiträume. In Wirklichkeit meint man eigentlich „Atmosphärenerwärmung“. Denn die verfügbaren Temperaturdaten betreffen beinahe ausschließlich die Lufttemperatur. Die wird seit Jahrhunderten durchgehend gemessen. Aber wer von Erderwärmung spricht, sollte auch davon sprechen, dass wir dazu eigentlich nichts wissen. Wir haben fast keine Temperaturwerte verfügbar. Eigentlich macht diese Tatsache alleine schon ausreichend klar, auf welch dünnen Beinen sich alle Klimasimulanten mit ihren Computermodellen bewegen.

Denn um den Einfluss auf das bodennahe Klima wirklich abschätzen zu können, müsste man Aussagen zu den Energieströmen auch in Hinblick auf das Erdreich haben. Das heißt, man müßte wissen, bis zu welcher Grenze der Energiestrom von der Sonne in den Boden und umgekehrt vom Erdinneren nach oben geht. Denn diese Grenze muss jahreszeitlich unterschiedlich sein. Es ist davon auszugehen, dass dieser Bereich das verfügbare thermische Speichervermögen für Sonnenenergie bestimmt und damit einen wichtigen Einfluss auf das bodennahe Klima hat.

Denn letztlich stellt dieser Grenzbereich eine Art Puffer gegen klimatische Extremwerte dar. In kalten Zeiten wird Wärme aus dem Erdreich nach oben geliefert, in sonnigen, heißen Zeiten wird Sonnenenergie nach unten eingelagert. Soweit wir

bisher eruieren konnten, gibt es nur ein rudimentäres Wissen zum Einfluss dieser Wärmeströme auf das bodennahe Klima und den Klimawandel.

Während es in entwickelten Ländern viele Meßstationen mit langen Zeitreihen zu Lufttemperaturen gibt, sind Werte zu Temperaturprofilen im Boden scheinbar schwerer oder gar nicht zu finden. In Deutschland gibt es eine einzige Messstation, die die Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen bis zu 12 m unter der Erdoberfläche über einen längeren Zeitraum kontinuierlich aufgezeichnet hat. Diese Messstation ist aber nicht nur für Deutschland einzigartig. Sie ist sogar weltweit einzigartig.

Ein Alleinstellungsmerkmal das für die betreffende Messstation erfreulich sein mag. Für die Datenlage aber eigentlich eine Katastrophe darstellt. Bei einer derart geringen Datenlage ist es wissenschaftlich unmöglich festzustellen, welchen Einfluss eine Änderung des Wärmestromes aus dem tieferen Erdreich auf das Klima haben könnte. Erst recht wird es damit eigentlich unmöglich sein, die Pufferwirkung der bodennahen Erdschicht auf Klimaänderungen richtig in Klimamodellen einzuschätzen. Zumal an der besagten Station in Potsdam zur Messung festgehalten wird, dass das Messfeld laufend schneefrei gehalten wird [9-37]. Unsere weitere Recherche ergab, dass das Messfeld eine 3 m x 6 m große rasenfreie Fläche umfasst.

Wir haben hier allerdings oben bereits klar nachgewiesen, dass eine Schneebedeckung durch mehrere Faktoren wesentlichen Einfluss auf die Bodentemperaturen und den Energieaustausch mit der Atmosphäre nimmt. Man vergleiche dazu nur die oben gezeigten Bilder 9-39 bis 9-45. Dann wird schnell klar, dass bei den vorhandenen Messwerten ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Temperaturverhältnisse im winterlichen Boden fehlt.

Wir müssen also festhalten, dass eine relevante Zustandsgröße, die Bodentemperatur im Erdreich, eigentlich unbekannt ist bzw. nur rudimentär Daten dazu vorhanden sind. Damit liegt ein möglicher Einflussfaktor auf das irdische Klima völlig im Dunklen. Unsere Rechenmodelle und Klimasimulationen sind dann aber mit hohen Unsicherheiten belastet. Auch die genannte Messstation kann mit ihrer einzigartigen und sicher hochwertvollen Messreihe bestenfalls eine oberflächliche

Orientierung bieten. Denn der wichtige Einfluss der Schneebedeckung ist hier bei den vorhandenen Messungen unberücksichtigt.

Die Situation der Klimamodelle wird dann vergleichbar mit der Berechnung eines Energieausweises für ein Haus, bei dem man nicht im geringsten weiß, wie die Wärmedämmung am Keller aussieht. Ja man weiß nicht einmal, ob das Haus einen Keller hat oder nicht. Man kennt ein paar Außenwände, man hat Unterlagen zu den Fenstern. Und damit rechnet man dann und sagt die Zukunft voraus. Auf 0,7% glaubt man die Heizung genau regulieren zu können, auch wenn man die Situation im Keller nicht kennt.

Um es ganz offen zu sagen, als Energieberater mit drei Jahrzehnten Erfahrung, erachtet der Autor ein solches Vorhaben als völlige Selbstüberschätzung. Das zu glauben, erfordert sehr viel Glauben und wohl auch sehr viel Hilfe beim Vergessen wesentlicher physikalischer Zusammenhänge. Die Klimamodelle dürften da eher den Zustand der menschlichen Hybris dokumentieren.

Wir müssen also festhalten: unser Leben spielt sich zwischen zwei extremen Wärmequellen ab. 6.000 Kilometer unter uns hat es eine Temperatur von ca. 6.000°C, Rund 149 Millionen Kilometer entfernt befindet sich in der anderen Richtung eine weitere Wärmequelle mit ca. 6.000°C.

In diesem Spannungsfeld zweier extremer Wärmequellen spielt sich alles Leben in einem ganz kleinen Bereich bei einer mittleren Temperatur von 15°C ab. Hier tummelt sich alles Leben, samt dem Homo sapiens. Der gerne die Welt retten würde, allerdings über zu wenige verlässliche Daten verfügt. Denn die vorliegenden Informationen können nur einen sehr geringen Beitrag zu der von uns angesprochenen Frage der Wärmeströme liefern. Wir müssen somit davon ausgehen, dass hier eine Komponente im Klimamodell unberücksichtigt bleibt, da einfach keine ausreichenden Daten vorhanden sind.

Wir sahen uns daher gezwungen, uns zumindest selbst anhand der wenigen verfügbaren Daten ein erstes Bild zu machen. Wir haben dabei versucht den Wärmestrom zwischen tieferen Schichten des Erdreichs und des Bodens zu skizzieren. Unter Boden meinen wir dabei die Grenzschicht zwischen Erdreich und Atmosphäre. Ein Ergebnis dazu zeigt Bild 9-49.

Verwendet wurden dazu die allgemein zugänglichen Daten der genannten und weltweit einzigartigen Station. Hier sind Messwerte bis 12 Meter Tiefe vorhanden. Unsere Überlegung war nun, festzustellen, wie die Energieströme im Erdboden verlaufen. Dazu wurde jene Zone gesucht, an der sich zuerst die Temperaturverhältnisse umdrehen. Das bedeutet, es wurde jene Trennlinie gesucht, unterhalb derer die Temperatur nach vorhergehendem Abfall wieder ansteigt. Verwendet wurden dazu die verfügbaren langjährigen Monatsmittelwerte.

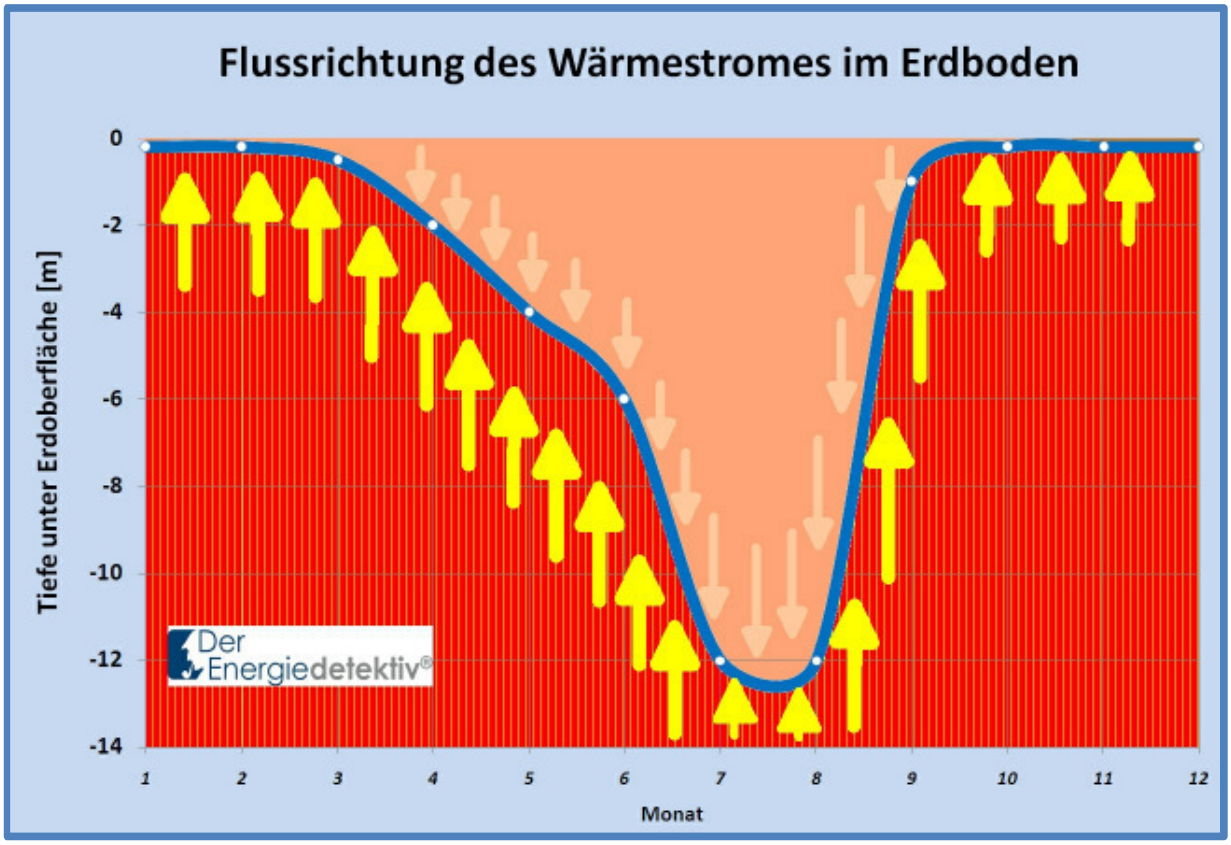

Bild 9-49: Unterschiedliche Tiefenwerte kennzeichnen die Flussrichtung des bodennahen Wärmestromes im Erdreich über das Jahr. Die Pfeilrichtung gibt dabei die Richtung des Wärmestromes von der Oberfläche bzw. von tieferen Schichten an

Bild 9-49 zeigt nun diese Auswertung. Die Tiefe der Grenzlinie ist über die Monate dargestellt. Die horizontale x-Achse stellt den Verlauf über das Jahr mit den einzelnen Monaten dar. Die vertikale Achse gibt die Tiefe unterhalb des Erdbodens an.

Die eingezeichnete blaue Linie zeigt die Grenzzone des bodennahen Wärmeflusses. Die eingezeichneten Pfeile symbolisieren dabei die Richtung des Wärmeflusses. Das bedeutet die Pfeilrichtung zeigt in Richtung des Energieflusses. Also von höheren zu

niedrigeren Temperaturen. Damit ist erkennbar, zu welchen Zeiten des Jahres in welchen Tiefen Wärme von unten nach oben gereicht wird. Dies skizzieren die gelben, aufwärts gerichteten Pfeile Diese Situation wird sowohl durch die eingestrahlte und zwischengespeicherte Sonnenenergie als auch durch die vom Erdinneren kommende Geothermie beeinflusst. Diese bestimmt vor allem die Zunahme der Bodentemperatur bei größerer Tiefe, die landläufig mit 3 Grad pro hundert Meter angegeben wird.

Man sieht ganz klar, dass in der Winterperiode der Wärmefluss von tieferen Schichten sehr nahe zur Oberfläche geht. In den Monaten Oktober bis Februar liegt diese Grenzschicht in 20 cm Tiefe. Hier ist natürlich die schnee- und rasenfrei gehaltene Fläche extrem problematisch. Wir konnten hier mehrfach zeigen, dass sowohl die Vegetation, herbstliches Laub oder Stroh und die daraus letztlich entstehende Verrottungswärme, aber vor allem auch eine Schneedecke wesentlichen Einfluss auf die Temperatur am Boden hat.

All unsere Auswertungen und Beobachtungen zeigen, dass die bodennahen Temperaturen für das Klimageschehen wesentlichen Einfluss haben. Dies deshalb, da sich an der Grenzschicht zwischen Boden und Luft faktisch die Verdampferfläche der Kältemaschine für die irdische Klimaanlage befindet.

In diesem Grenzbereich werden die wesentlichsten Verhältnisse für das Leben und die Energietransporte bestimmt. Bild 9-49 macht klar, dass der Wärmestrom aus tieferen Erdschichten in den kalten Monaten eine ganz wesentliche Rolle für die Bodentemperatur spielt. Auf diesen Wärmefluss nimmt die gespeicherte Sonnenenergie, aber natürlich auch die Geothermie Einfluss. Auch Änderungen im Wasserhaushalt können hier eine Rolle spielen. Dies werden wir weiter unten noch ausführlicher diskutieren und dazu ein extrem schockierendes Ergebnis zur Diskussion stellen.

Veränderungen an der Geothermie müssten ebenfalls zu Änderungen in diesem System führen. Denn diese bestimmen dann gemeinsam mit der Sonneneinstrahlung und der Bodengestaltung, welche Wärmemengen im Speicher Erdreich zu welchen Zeiten eingelagert werden. Die weltweit vorhandene Datenlage ist allerdings so gering, dass man derzeit diesen Einfluss zu vernachlässigen trachtet, da aus den wenigen Daten ein vernünftiges Modell gar nicht ableitbare wäre.

Um selbst zu beurteilen, ob eine solche Vernachlässigung zulässig ist oder nicht, schlagen wir dem Leser ein ganz einfaches Gedankenexperiment vor. Was würde passieren, wenn wir den Wärmestrom aus dem tiefen Erdinneren ändern könnten? Wenn wir diesen Wärmestrom einfach abschalten könnten? Die geringe Leistung von 0,06 W/m² wäre nicht mehr vorhanden? Wir berücksichtigen sie ja bei unseren Modellen auch nicht. Daher sollte das doch eine zulässige Methode sein.

Wenn wir diesen Gedanken aber weiter verfolgen, dann wird uns wahrscheinlich schnell klar, dass sich wohl die klimatischen Zustände für uns ändern würden. Denn bei einer kalten Erde bleibt die Wärmelieferung aus dem tiefen Erdinneren aus. Auch wenn die Wärmelieferung nur sehr gering war. Wenn dieser Wärmestrom weg wäre, müsste die eingestrahlte Sonnenwärme dann ein viel größeres Erdvolumen „bedienen“. Denn dann ist die Sonne die einzige Wärmequelle für das ganze Erdreich. Damit würden sich aber auch die Oberflächentemperaturen sicher ändern. Das würde zwar nicht sofort als Katastrophe auffallen. Aber immer mehr der sommerlich eingestrahlten Sonnenenergie würde nun tiefere und kalte Schichten des Erdinneren erwärmen müssen.

Würde man den Wärmestrom der Geothermie einfach abschalten, dann würde sich wohl niemand über eine Klimaänderung wundern. Umgekehrt wäre es auch nicht überraschend, dass es zu einer Klimaänderung kommen müsste, wenn man den Wärmestrom vergrößern könnte.

Dieses kleine Gedankenexperiment sollte eigentlich ausreichend beweisen, dass diese Größe nicht vernachlässigbar ist. Wenn Sie dem zustimmen können, müsste man aber dann auch schlussfolgern, dass Vorhersagen ohne Kenntnis dieser Werte eher an Kaffeesudleserei erinnern als an Wissenschaft!

Wir könnten dann gerne über die Erhöhung der Lufttemperatur philosophieren. Über die Erderwärmung müssten wir aber, mangels Daten, ganz einfach schweigen. Oder zumindest klar sagen „wir wissen es einfach nicht!“ Eine solche klare Aussage aus dem Munde angesehener Wissenschaftler könnte zumindest die Reputation der Wissenschaft retten! Denn wenn unsere Schlussfolgerung stimmt, und die Wissenschaft dazu weiter schweigt, wäre selbst höfliches Schweigen ein Verrat, der die gesamte Wissenschaft existentiell bedroht.

9.18 Die Relation zwischen Windenergie und Geothermie

Kehren wir nun aber zurück zur Frage der Windenergie. Denn es ist interessant, diese Schlussfolgerungen aus dem Gedankenexperiment auf die Nutzung der Windenergie umzulegen. Letztlich geht es in beiden Fällen um die Energiebilanz in unmittelbarer Nähe des Erdbodens.

Beim Beispiel der Geothermie lässt uns unser Gedankenexperiment vermuten, dass das Abschalten eines Energieflusses von nur 60 Milliwatt pro Quadratmeter (0,06 W/m²) längerfristig zu Änderungen des Klimas führen müsste. Denn die fehlenden Energieströme der Geothermie würden die Energiebilanz im Erdinneren verändern. Eine Veränderung an der Grenzschicht, dem Bodenbereich auf dem wir leben, wäre die natürliche Folge.

Aber wie sieht das nun in Relation zur Windenergie aus? Bei der Windenergie verändern wir die Bilanz indem wir etwas Energie über dem Erdboden entnehmen und über Stromleitungen abtransportieren. Wir entnehmen diese Energie zwar aus der Luftströmung. Aber wir wissen ja bereits, dass es hier wichtige Zusammenhänge zwischen Luftgeschwindigkeit, Druck, Feuchtigkeit und Verdunstung gibt. Wir wissen auch, dass die Verdunstung am Boden ein wesentlicher Teil der Kühlfunktion am Boden ist.

Wir haben daher aus den Werten der installierten Windleistung flächenspezifische Werte ermittelt. In Bild/Tabelle 9-50 sind die Werte für die einzelnen Bundesländer nach [9-7] aufgelistet. Dabei wird die Gesamtleistung der Windenergie auf die Gesamtfläche des jeweiligen Bundeslandes errechnet und in Milliwatt pro Quadratmeter angegeben. Die sich ergebenden Werte sind für uns überraschend bis alarmierend.

Lediglich in drei Bundesländern liegt der Wert unter jenen 60 Milliwatt pro Quadratmeter, die dem Wert des geothermischen Wärmeflusses entspricht. Der höchste Wert beträgt 415 Milliwatt. Im Bundesland Bremen liegt damit die installierte Windenergieleistung um den Faktor 7 höher als die Wärmestromdichte aus dem Erdinneren. Das deutsche Bundesland Bremen nimmt damit im bodennahen Bereich eine Änderung in den Energieströmen vor, die weit über den Werten aus der geothermischen Energie liegt.

Der Energiedetektiv®

Bundesland	Installierte Leistung Windkraft [mW/m²]
Bremen	415,27
Schleswig-Holstein	389,18
Sachsen-Anhalt	229,27
Brandenburg	205,67
Niedersachsen	188,12
Rheinland-Pfalz	150,95
Mecklenburg-Vorpommern	129,50
Nordrhein-Westfalen	126,62
Saarland	110,16
Hamburg	82,12
Thüringen	76,79
Hessen	69,95
Sachsen	61,56
Bayern	29,30
Baden-Württemberg	24,61
Berlin	10,09
Gesamtes Bundesgebiet	121,86

Tabelle/Bild 9-50: die auf die Fläche bezogene installierte Windleistung fast aller deutschen Bundesländer ist größer als die Leistungsdichte der Geothermie

Für ganz Deutschland beträgt die Leistung bei der Windenergie etwa 122 mW/m². Die Windenergie entspricht im Durchschnitt des deutschen Bundesgebietes damit etwa dem doppelten Energiefluss der Geothermie.

Dabei handelt es sich hinsichtlich der angegeben Werte um die flächenspezifischen Werte der kumulierten Nennleistungen der Windenergieanlagen [9-7]. Sie stellen den durchschnittlich für die ganze Fläche des jeweiligen Bundeslandes ermittelten Wert dar. Nun sind Windenergieanlagen natürlich nicht gleichmäßig im Land verteilt.

Sie werden hingegen an bevorzugten Standorten konzentriert errichtet. Damit ist die lokal vorhandene Leistung pro Flächeneinheit noch viel größer, als die in Tabelle 9-50 angegebene durchschnittliche Leistung.

Es ist hinzuzufügen, dass die tatsächlich durchschnittlich entnommene Leistung immer geringer ist als die Nennleistung. Nimmt man die Windstromeinspeisung als Grundlage, dann beträgt diese Leistung 27,5 mW für das gesamte Bundesgebiet [9-9].

Angaben zu einzelnen Bundesländern lagen uns hier nicht vor. Die eingespeiste spezifische Windenergie entsprach damit im Jahr 2015 etwa der Hälfte der Wärmestromdichte aus dem Erdinneren. Legt man die Werte der Nennleistung aliquot auf die eingespeiste Energie um, dann wäre in Schleswig Holstein und Bremen jedenfalls auch die Einspeiseleistung höher als die geothermische Leistung.

Zusätzlich gilt natürlich auch hier, dass die entnommene Leistung nicht gleichmäßig über die jeweilige Landesfläche verteilt ist, sondern sich lokal konzentriert. Lokal dürften daher noch viel höhere flächenspezifische Leistungen gegeben sein.

Diese Vergleiche sollen verdeutlichen, warum wir davon ausgehen, dass auch die Nutzung der Windenergie auf Dauer nicht ohne Rückwirkungen auf das Klima und die Natur sein kann. Wir erwarten dadurch im Gegenteil langfristig massive Änderungen sowohl im Bereich des regionalen Kleinklimas als auch im überregionalen oder globalen Bereich.

Wir hoffen mit diesem Vergleich mit dem Wärmestrom aus dem Erdinneren unsere Einschätzung nochmals verständlicher gemacht zu haben. Dabei ist immer zu berücksichtigen, dass es nicht nur um den ändernden Einfluss auf den Luftstrom selbst geht. Vielmehr ist dieser noch relativ geringe Einfluss höchstwahrscheinlich als Antriebsenergie für größere Effekte in Zusammenhang mit der latenten Wärme bzw. dem bodennahen Kühlsystem der Verdunstung zu betrachten.

Betroffen ist davon der unmittelbare Lebensbereich des Menschen und aller sonstigen Lebewesen unterhalb oder oberhalb der Erdoberfläche. Die Bilder 9-51 bis 9-56 sollen abschließend nochmals verdeutlichen, welchen Effekt kleinste Unterschiede im Wärmestrom an der Erdoberfläche ausmachen können.

Diese Aufnahmen dokumentieren Bereiche, die ursprünglich unter einer unberührten, gleichartigen Schneeschicht lagen. Die Schneefläche blieb weitgehend stabil, da die Lufttemperatur deutlich unter dem Gefrierpunkt lag.

Dann kam eine Situation, bei der die Temperatur etwas anstieg aber um den Gefrierpunkt relativ konstant blieb. Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt entscheiden kleinste Änderungen im Wärmeaustausch zwischen Boden und Eis- bzw. Schneeschicht über die Auftauvorgänge.

Die Frage wer mehr oder weniger Zugang zu Energie hat, entscheidet über die Frage, wo die Frosttemperatur unterschritten wird. Letztlich sind alle energietechnischen Fragen immer Verteilungsfragen. Wo kommen welche Energieströme besser oder schlechter hin.

Die gezeigten Bilder zeigen Änderungen beim Wärmestrom aufgrund unterschiedlicher Bodenstruktur. Die wenige Millimeter starke Fuge zwischen Betonsteinen, aufliegende kleine Nadeln oder Blätter, die Vegetation im Zwischenraum bei Rasengittersteinen, sie alle machen deutlich, wie massiv kleinste Eingriffe das Klima verändern.

Jede Änderung in der Natur führt immer auch zu Änderungen im Klima. Der Leser und Betrachter der Bilder frage sich selbst: wenn eine kleine Schicht aus Sand oder Nadeln das Mikroklima bestimmen kann, wie werden dann wohl die Änderungen erst durch großtechnische Anlagen sein, die in diese Kreisläufe eingreifen?

Wir möchten dabei auch nochmals auf die Auswertungen in Bild 9-25, 9-26 und 9-29 hinweisen. Hier hatten wir anhand des Windchills gezeigt, welche Temperaturunterschiede die Änderung der Windgeschwindigkeit ergeben kann. Zwischen 2 und 10 Grad ergab eine Änderung der Windgeschwindigkeit in jenem Verhältnis, die bei Windenergie üblicherweise angestrebt werden.

Wir hoffen, dass diese Bilder unsere Warnung vor exzessiver Nutzung der Windenergie verständlich machen. Der Eingriff in die bodennahen Luftströmungen kann alleine schon aufgrund des Energieerhaltungssatzes nicht ohne Rückwirkungen auf jene Bereiche bleiben, denen diese Energie entzogen wurde. Der Bodenbereich ist ein hochsensibler Lebensbereich, der die Gesamtheit der Biosphäre sowie das Klima bestimmt.

Bild 9-51: Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt führen kleinste Abweichungen zu erkennbaren Mustern. Der unterschiedliche Wärmetransport aus dem Boden läßt Fuge und Pflasterstein deutlich hervortreten

Bild 9-52: Der weitere Auftauprozess und der unterschiedliche Wärmeübergang in der Fuge wird an diesem Bild sowohl in Wirkung als auch als Ursache erkennbar

Bild 9-53 und 9-54: Gleiches ist an Rasengittersteinen erkennbar. Der Beton leitet die Wärme aus dem Untergrund besser als der dazwischen befindliche Rasen- und Erdbereich. Das Rautenmuster der Rasengittersteine belegt die Ursache.

Bild 9-55 und 9-56: bei ganz genauer Betrachtung wird selbst an noch stärker verschneiten Stellen das Rautenmuster der Rasengittersteine erkennbar

9.19 Zusammenfassung unserer Vorbehalte zur Windenergie

Beim Wind handelt es sich um ein wesentliches Element zum Ausgleich von unterschiedlichen Temperaturverhältnissen bzw. Energiezuständen. Es ist dies ein wesentlicher Teil des Klimasystems auf der Erde.

In Kombination mit Wärmetransport und der Verdunstung von Wasser am Erdboden stellt der Wind die Klimaanlage im bodennahen Bereich dar. Wasser ist nicht nur das wichtigste Lebensmittel auf Erden. Wasser ist auch jenes Kältemittel, das die Schöpfung für die irdische Klimaanlage primär vorgesehen hat.

Bestimmend sind dabei jene Punkte der Temperaturskala, bei denen eine Änderung des Aggregatzustandes erfolgt. Die Gefriertemperatur mit Eisbildung bei 0°C und die Siedetemperatur bei 100°C stellen die natürlichen Grenzen des flüssigen Klimamittels Wasser dar. Der Mensch ist mit seiner Körpertemperatur von 37°C durch Evolution oder Schöpfung auf eine Umgebungstemperatur in der unteren Hälfte dieser Skala „energetisch optimiert“.

Dieser Bereich der Temperaturskala wird nur in Bodennähe erzielt. Das irdische Leben ist in unmittelbarer Umgebung durch Extremwerte der Temperatur gekennzeichnet. Sowohl der Erdkern in nur etwa 6.000 km Entfernung von der Erdoberfläche, als auch die weiter entfernte Sonnenoberfläche weisen Temperaturen um 6.000°C auf.

Die Temperaturen an der Erdoberfläche werden durch die irdische Klimaanlage bestimmt. Windbewegungen führen zu einem Energieausgleich bei unterschiedlichen Lufttemperaturen. Gleichzeitig bestimmt der Wind die Kühlfunktion durch die Verdunstung von Wasser. Dabei besteht bei Offshore-Anlagen eine besonders exponierte Situation, da sie sich ständig in Bereichen mit ausreichend Wasser für Verdunstungsvorgänge befinden.

Jeder Eingriff in dieses bodennahe Ausgleichs- und Kühlsystem muß zu Änderungen im Wärmehaushalt der betroffenen Regionen führen. Die rein globale Betrachtung vernachlässigt diesen Effekt. Wir halten dies als unzulässig und vergleichbar mit ähnlichen Behauptungen, die bei der Einführung der Kernenergie getätigt wurden.

Bei der aktuell forcierten Energiewende kommt es durch die Nutzung von Windenergie zu Veränderungen in der lokalen Energiebilanz. Diese Änderung der Energieströme muß auch zu lokalen klimatischen Änderungen führen.

Wir vermuten, dass derzeit die Temperaturänderungen nur durch die großen betroffenen Flächen und Volumina kaschiert sind. Langfristig muß aber jede Umverteilung von Energieströmen zu Änderungen in den klimatischen Verhältnissen führen. Wenn man Energie aus der Luftströmung entzieht, indem man einen Generator antreibt, bleibt für die Bewegung der Luft und deren normalen Folgeprozesse weniger Energie übrig. Das kann nicht ohne Konsequenzen bleiben.

Welchen kühlenden Effekt Luftströmungen auf Verdunstungsflächen haben, konnten wir anhand einiger Vergleiche und Bilder zeigen: Windchill sowie die bekannte Kühlfunktion eines Fächers verdeutlichen den Kühleffekt, der mit Windströmung und Verdunstung an Land verbunden ist.

Der Wärmeverlust aus beheizten Schwimmbädern ist andererseits vergleichbar mit der Kühlung des Meerwassers durch Wind und Wellen. So besteht eine Analogie zu der Nutzung von Windenergie über Meeresflächen. Der Wärmeverlust bei Schwimmbädern ist zu 95% durch den Kühleffekt der Verdunstung hervorgerufen. Die Bewegung der Wasseroberfläche (Wellen) und der Luft (Wind) sind entscheidend für die Höhe des Wärmeverlustes (Kühleffekt).

Die kühlenden Effekte, die aus der Kombination von Verdunstung und Luftströmungen entstehen, sollten damit für jedermann nachvollziehbar und verständlich sein. Komplexe Gleichungen sind dazu eigentlich gar nicht nötig.

Wenn den Luftströmungen kinetische Energie entnommen wird, werden die Kühleffekte in all diesen Situationen geringer. Egal ob im Schwimmbad oder im Hühnerstall. Die Änderung der Windgeschwindigkeit ändert die Energieverteilung und beeinträchtigt die Klimafunktion. Das zeigen zahlreiche Beispiele der Natur.

Die Nutzung der Windenergie wird mit dem Argument des Klimaschutzes forciert. Gleichzeitig sorgt sie vermutlich selbst für eine Klimaänderung, die unserer Meinung nicht oder noch zu wenig beachtet wird. Dabei sind die in der Bundesrepublik Deutschland installierten Leistungen trotz weiterer Ausbaupläne schon jetzt beachtlich. Die installierte Leistung beträgt in Relation zur Sonneneinstrahlung in

einzelnen Bundesländern bereits etwa 3.500 ppm. Gegenüber dem geothermischen Wärmefluss aus dem Erdinneren beträgt das Verhältnis sogar bis zu 6.928.000 ppm. Mit anderen Worten, die installierte Windenergieleistung ist in einzelnen deutschen Bundesländern bereits etwa 7-fach so groß, wie der geothermische Wärmestrom.

Die Relativgröße zur Veränderung im bodennahen, klimarelevanten System ist damit wesentlich stärker als der Anstieg der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre. Man kann daher mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, dass langfristig ein klimaändernder Effekt auch bei dieser Technologie gegeben sein wird.

Erschreckend sind in Zusammenhang mit unseren Recherchen folgende Tatsachen, die durchaus von großer Relevanz für das Klimageschehen bzw. die Bewertung der Klimamodelle und der daraus gezogenen Schlussfolgerungen sein könnten:

- Es besteht eine frappierende Übereinstimmung zwischen der Zunahme der installierten Einspeiseleistung aus Windenergie und der Zunahme der gemeldeten Tornados (Bild 9-12)
- Zu einer ganz wesentlichen Einflussgröße für das Klimageschehen sind offenbar keine ausreichenden langjährigen Messwerte vorhanden. Klimaschutz macht nur dann Sinn, wenn es um den Schutz des bodennahen Lebens geht. Für Bodentemperaturen gibt es allerdings mit wenigen Ausnahmen keine direkten historischen Messwerte.
- Die einzige vorliegende längere direkte Messreihe aus Potsdam ist insofern nur bedingt verwendbar, da der Messbereich ständig schneefrei und rasenfrei gehalten wird. Sie repräsentiert daher leider nicht die tatsächlich meist gegebenen Fälle in freier Natur.
- Damit kann bestenfalls über den Einfluss des Erdbodens spekuliert werden. Konkrete Aussagen zu den Energieströmen im Boden sind mangels Messwerte über längere Zeiträume nicht möglich.
- Die Unsicherheit in Zusammenhang mit der Bodentemperatur kommt auch darin zum Ausdruck, dass innerhalb der letzten 20 Jahre das Wissen über die Temperatur des Erdkerns um 1.000 Grad korrigiert werden musste.
- Das entspricht einer Korrektur von 20%. Gleichzeitig erstrebt man mit dem 2-Grad-Ziel im Klimaschutz eine Kontrolle des Klimasystems mit einer Genauigkeit von 0,7%. Das kann man nur als menschliche Hybris bezeichnen!

Bei der Nutzung der Windenergie wäre in diesem Zusammenhang eine genaue Beobachtung des Kleinklimas sinnvoll. Wir vermuten, dass die Nebenwirkungen erst langsam sichtbar werden, weshalb eine langfristige und gut dokumentierte Beobachtung sinnvoll wäre. Wichtig wäre eine wirklich neutrale Beobachtung durch erfahrene Wissenschaftler, die keinen Erwerbsinteressen unterliegen und es wagen könnten, ggf. auch unbequeme Wahrheiten öffentlich zu machen.

Bild 9-57 und 9-58: Pflanzen könnten vermutlich als Sensoren zur Beobachtung von Änderungen im Umfeld von Windkraftanlagen dienen

9.20 Eine Illusion und das Gleichnis der spanischen Senorita

Es dürfte sich längerfristig als Illusion herausstellen, dass die Windenergie das Klima schützt. Im Gegenteil ist zu erwarten, dass die Nutzung der Windenergie zu klimatischen Änderungen führt. Wahrscheinlich wird man diese später wieder zu bekämpfen suchen. Der Energieerhaltungssatz ist die Garantie dafür, dass die Änderung von Energieströmen nie ohne Zusatzeffekte bzw. Nebenwirkungen erfolgen kann.

Die Situation scheint uns erklärbar und bei der Windkraft vergleichbar mit folgender Szene:

Man stelle sich eine spanische Senorita vor, die sich in einem Flamenco-Lokal in Andalusien etwas Kühlung mit ihrem Fächer zuwedelt. Die grazilen Bewegungen ihrer zarten Hand sind wahrlich elegant.

Während mancher vielleicht fasziniert zusieht, erkennt der geschulte Energiedetektiv den wahren physikalischen Vorgang: mit ihren Handbewegungen fördert sie soviel Wind über die schwitzende Haut, dass die Verdunstung ausreichend Verdunstungskälte produziert.

Man stelle sich nun vor, ein findiger Anlagenbauer mit internationalen Verbindungen betritt die Szene. Er preist der erstaunten Senorita eine scheinbar harmlose aber nützliche Apparatur an. Ein kleiner elektrischer Generator, den sie mittels einer Übertragungseinheit nun ebenfalls mit ihrer Hand bewegen kann. Der Verkäufer erzählt ihr etwas von deutscher Qualität und, dass sie damit nun gratis Strom produzieren könne. Ihre Hand würde sie ja ohnedies die meiste Zeit leicht hin und her bewegen.

Wenn die spanische Senorita den Argumenten des Verkäufers vertraut, wird sie bald eine überraschende Entdeckung machen: gratis ist Antriebsenergie nie! Die Senorita will mit gleichem Arbeitsaufwand ihre Hand weiter bewegen. Sie muß allerdings nun etwas mehr Kraft aufwenden, um auch den Generator zu bewegen. Damit kann bei gleicher Arbeit weniger Weg pro Zeiteinheit zurückgelegt werden. Ihr Arbeitsaufwand (Energieeinsatz) bleibt so zwar gleich, aber die Hand bewegt sich langsamer.

Damit wird die Luftströmung nun ebenfalls langsamer. Dies führt dazu, dass auch der Kühleffekt geringer wird. Sie beginnt mehr zu schwitzen und fühlt sich zunehmend unwohl.

Allerdings kann sie ständig beobachten, dass sie wirklich Strom produziert. Denn der findige Verkäufer hat ihr dazu auch noch eine kleine LED geschenkt. Die nun am Tischchen leuchtet und mit ihrem eigenen, angeblich umweltfreundlichen Gratisstrom angetrieben wird.

Unsere Senorita schwitzt also mehr und fühlt sich zunehmend unwohl. Sie beginnt daher ihre Hand wieder schneller zu bewegen, um einen ausreichenden Kühleffekt zu erzielen. Nur schnellere Bewegung bedeutet auch mehr Arbeitsaufwand ihrer Hand. Mehr Arbeitsaufwand bedeutet mehr Wärmeerzeugung und damit höheren Kühlbedarf. Sie beginnt also noch mehr zu schwitzen. Also steigert sie dann noch mehr ihre Bewegungen und schwitzt danach auch wieder mehr.

Eine unangenehme Rückkopplung hat sich nun in ihrem Kleinklima eingestellt. Das geht so lange weiter, bis irgendwann wegen der immer schnelleren Bewegungen der Übertragungsriemen zum Generator reißt. Diese Last ist weg und plötzlich steht die gesamte Antriebsenergie wieder für den Fächer zur Verfügung. Erst jetzt ist ein ausreichender Kühleffekt bei dessen Bewegung wieder gegeben. Unsere spanische Senorita schnauft erleichtert durch. Die Bewegungen ihrer zarten Hand werden wieder graziler und eleganter. Trotz besserer Kühlung ist sie allerdings etwas verwundert. Denn es ist jetzt so dunkel im Lokal.

Unsere Senorita zündet also wieder eine kleine Kerze an. Dabei stellt sie fest, dass das Lokal inzwischen leer ist. Die Touristen sind schon vorher geflüchtet. Sie fanden diese Szenen nicht mehr wirklich attraktiv. Sie urlauben nun wo anders. Eine unangenehme Nebenwirkung des Experiments mit der neuen Maschine. Nun ja, es wird einige Zeit dauern, bis das spanische Flamenco-Lokal in Andalusien wieder Geschäfte macht. Dem heimischen Schrotthändler bringt die Senorita bei Gelegenheit die seltsame Maschine vorbei. Sie kann ihm dabei die Bedeutung des Energieerhaltungssatzes nun eindrucksvoll erklären. Nur gut, dass die wirklichen Windmaschinen wesentlich größer sind und deshalb den Tourismus und das Klima sicher nicht beeinträchtigen.

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