



**AEE - Institut für Nachhaltige Technologien**

A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Tel. 03112 / 5886, Fax DW-18  
office@aee.at, www.aee-intec.at

**Steiermärkische Landesregierung  
FA Energie und Wohnbau**

**Landhausgasse 7  
8010 Graz**

Gleisdorf, 17.12.2018

[Ihre Zeichen/Ihre Nachricht vom]

[Unsere Zeichen/Unsere Nachricht vom]

Telefon

E-Mail

KH

DW-325

k.hoefler@aee.at

**Betrifft: Stellungnahme bezüglich „Kritische Würdigung, Nachlese InfraMess (Bericht AEE INTEC\_181106)“ durch Hr. DI Günther Hrabý**

Sehr geehrter Hr. DI Dieter Thyrl!

Ich darf Ihnen hiermit unsere Stellungnahme bezüglich der „Kritischen Würdigung, Nachlese InfraMess“ durch Hr. DI Günther Hrabý übermitteln.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung!

Mit sonnigen Grüßen,

DI Dr. Karl Höfler

# STELLUNGNAHME

## Allgemeines

Am Beginn der Stellungnahme seitens der AEE INTEC wird nochmals festgehalten, dass wir ausschließlich ein Vertragsverhältnis mit der Steiermärkischen Landesregierung, FA Energie und Wohnbau zur Durchführung eines „Feldversuch-Monitorings“ haben. Hierbei ist die Aufgabe eine möglichst genaue, objektive Ermittlung des IST-Zustandes durchzuführen. Einflussnahmen oder Optimierungen sind im Rahmen dieses Auftrages nicht durchführbar, bzw. kontraproduktiv.

Somit war AEE INTEC nicht in die Planung, Ausführung und Betriebsweise der Heizungssysteme eingebunden und ist auch nicht dafür verantwortlich.

Der Auftrag der Fachabteilung Energie und Wohnbau, Referat für Energietechnik und Klimaschutz des Landes Steiermark umfasste die Erhebung von des IST-Zustandes bezüglich Energieverbrauch, Behaglichkeit, Nutzerzufriedenheit und Wirtschaftlichkeit zweier gleichartiger Wohngebäude, wobei ein Gebäude mit Fernwärme und das zweite Gebäude mit neuartigen Infrarotheizelementen beheizt wird.

## ad Kritikpunkt 1) „physikalische Strahlungsgesetzmäßigkeiten“

Die kritisierte Gleichung ist die gängigste Formulierung des Stefan Boltzmann-Gesetzes. Der Einwand dass diese nur „völlig allein im Universum“ gilt und nicht für Raumheizung geeignet ist, ist abwegig. Physikalische Prinzipien gelten grundsätzlich überall. Jede Materie gibt thermische Strahlung entsprechend dieser Gesetzmäßigkeit ab, die nachfolgende Argumentation im Einwand „easyTherm“ beschreibt die räumliche Orientierung der Strahlungsdichte gemäß dem Kosinusetz, sowie den Strahlungsaustausch zwischen zwei Strahlern. Kurioser Weise enthalten beide Formulierungen das oben als „völlig ungeeignet“ kritisierte Gesetz direkt, wie nachfolgend gezeigt wird.

### zur Integral-Darstellung

Die Integraldarstellung wurde im Bericht nicht angeführt, da diese den meisten Lesern nicht zugänglich ist. Stattdessen wurden alle relevanten Aspekte im Bericht verständlich erklärt (Spektrum der thermischen Strahlung, Richtungsabhängigkeit, Lambert-Strahler, Schwarzer Strahler, Grauer Strahler etc.).

Es ist offensichtlich, dass diese „korrekte Gleichung“ das Stefan-Boltzmann Gesetz in anderen Form ist.

$$I(T, \theta) = \frac{2k^4T^4}{h^3c^2} \cos \theta \int_0^\infty \frac{x^3}{\exp x - 1} dx = \frac{2\pi^4k^4}{15h^3c^2} T^4 = 1.8057 \cdot 10^{-8} \cos \theta T^4 \quad [\text{W}/\text{m}^2 \text{ sr}].$$

Kritisiertes Stefan-Boltzman Gesetz:  $P = \epsilon \sigma A T^4$

↓  
fehlt in Ihrer Formulierung

Die von Ihnen als „völlig ungeeignet“ eingestufte Gleichung wurde in der Entgegnung direkt angewendet/hergeleitet und gleichzeitig als die korrekte Beziehung bewertet. Die enthaltene räumliche Abstrahlung in alle Raumrichtungen nach dem Kosinusetz ist trivial. Die netto abgegebene Leistung kann ebenso gut aus der ebenen, strahlenden Fläche ermittelt werden

(Stefan-Boltzmann Gesetz). Die von einer ebenen Fläche (A) abgegebene Strahlung muss aus Gründen der Energieerhaltung der im Integral über die Hemisphäre aufsummierten exakt entsprechen, deshalb sind beide Formulierungen ident und der Einwand unbegründet.

zum *Strahlungsaustausch*

Natürlich müssen für den Strahlungsaustausch zwei Flächen mit unterschiedlichen Temperaturen berücksichtigt werden. Dies steht so im Bericht (Seite 7) und wurde sogar in Abb. 2 beispielhaft dargestellt. Selbstverständlich wurde diese auch im Zuge der Auswertung so angewendet.

Wiederum wurde die in der Entgegnung die als „völlig ungeeignet“ kritisierte Gleichung zweimal direkt angewendet. Dies lässt sich sehr einfach durch arithmetische Umformung zeigen:

als geeigneter gesehene Formel im Einwand:

$$P_{i \rightarrow k} = \epsilon_i \epsilon_k A_k F_{ki} \sigma (T_i^4 - T_k^4).$$

simple arithmetische Umformung:

$$\begin{aligned} P_{i \rightarrow k} &= F_{ki} (P_i - P_k) \\ &= F_{ki} (E_{ki} \sigma A_i T_i^4 - E_{ki} \sigma A_k T_k^4) \end{aligned}$$

"völlig ungeeignetes Gesetz"
"völlig ungeeignetes Gesetz"  
für Körper i
für Körper k

Der vorgebrachte Einwand ist deshalb nicht nachvollziehbar, bzw. gegenstandslos. Die zuerst als „völlig ungeeignet“ kritisierte Gesetzmäßigkeit wurde in der Entgegnung zweimal nahezu direkt angewendet und dann eine einfache Subtraktion zur Ermittlung der Strahlungsbilanz durchgeführt. Der verbleibende Koeffizient F entspricht der Einstrahlzahl. Zur Ermittlung der gesamt abgegeben Leistung in gleichmäßig temperierter Umgebung (Beispiel) ist dieser irrelevant. Der in Ihrer Darstellung angeführte Term  $\epsilon_i \epsilon_k$  ist zudem eine Vereinfachung, richtiger Weise muss der Strahlungsaustauschterm  $E_{ki}$  verwendet werden, dieser ergibt sich aus den beiden Emissionsgraden gemäß  $E_{ki} = 1 / (1/\epsilon_i + 1/\epsilon_k - 1)$ . Die Herleitung dieses Gesetzes erfolgt direkt aus dem Stefan-Boltzmann Gesetz (siehe z.B. <https://de.wikipedia.org/wiki/Strahlungsaustausch>). Für die detaillierte Betrachtung eines konkreten Details (Wohnung mit Möblierung) ist die Bestimmung dieser Einstrahlzahlen keineswegs, wie im Einwand angemerkt, „trivial“, sondern erfordert sehr aufwendige numerische Berechnungen und CAD-Modellierung. Diese Aufgabe wurde von AEE INTEC bei den Behaglichkeitsanalysen mit einem speziellen Verfahren sehr präzise durchgeführt. Den Autoren sind keine ähnlich exakt durchgeführten Berechnungen im Zuge einer Behaglichkeitsanalyse bekannt. Deshalb ist der Versuch im Rahmen des Einwands AEE INTEC hier Kompetenz oder Sorgfalt absprechen zu wollen, unangebracht.

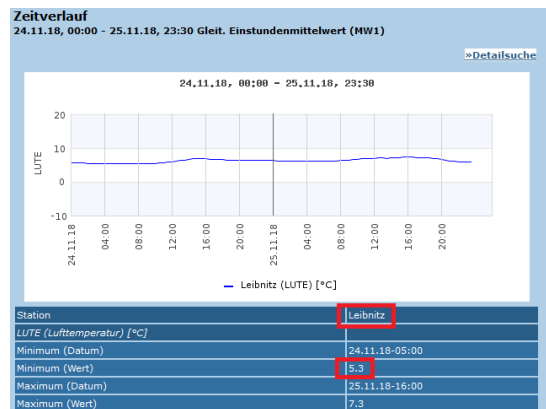
## **ad Kritikpunkt 2) „divergierende Aussagen“**

Die Aussagen der BewohnerInnen bei der Befragung waren eindeutig. Auch die zusätzlich angeführten Kommentare und Anrufe am Institut waren eindeutig. Die von Easytherm durchgeführte Befragung und deren Zustandekommen kann unsererseits nicht beurteilt werden.

Wie bei ihrer „Kritischen Würdigung“ unter Punkt 2 angeführt, „Durchgeführte Modifikationen in den Wohnungen“ wurde seitens des Herstellers zwischenzeitliche eine Reihe von Modifikationen durchgeführt.

Angemerkt sei hier zusätzlich, dass die in der Eaystherm-Entgegnung angegebenen Außentemperaturen von -10 °C am 24. bzw. 25. November angezweifelt werden. Gemäß den offiziellen Aufzeichnungen des Umweltreferats (LUIS), lagen die Tiefsttemperatur bei der nahegelegenen Messstation Leibnitz in der kolportierten Zeit bei +5.3°C. Unsere eigenen Aufzeichnungen am Standort bestätigen diese Temperaturen. Auch in den vorhergehenden Wochen lagen die Tagesmitteltemperaturen deutlich im positiven Bereich.

Die anschließende Frage, ob die Heizung oder die Regelung unsererseits schlecht bewertet wurde ist nicht gegenständlich. Untersucht wurde das Heizsystem als solches. Interpretationen, Einflussnahmen, Suggestionen von Seiten AEE INTEC hätten die Objektivität der Studie beeinträchtigt.



### **ad Kritikpunkt 3) „falsche Einstellung der Regler“**

Optimierung und Einflussnahme auf das Regelverhalten der Bewohner von Seiten AEE INTEC im Zuge der Studie wären völlig unangebracht gewesen. Im Zuge der objektiven Vergleichsstudie war das Ziel die unbeeinflusste Analyse des IST-Zustandes. Auch in den mit Radiator beheizten Wohnungen wurde gleich vorgegangen (siehe Anm. Aufgabengebiete unter „Allgemeines“ am Beginn dieser Stellungnahme).

Es ist den Wohnbaugesellschaften bekannt, dass einerseits der Wissenstransfer zu den Bewohnern bezüglich Heizungsregelung und andererseits die konsequente Anwendung dieses Wissens ein markantes Problem darstellt. Dies gilt auch für konventionelle Heizsysteme. Eine „Bereinigung“ der Studie diesbezüglich wäre somit unangebracht und hätte keine Vorhersagekraft für weitere Anwendungen des Heizsystems. Das Regelverhalten der Benutzer hat signifikante Auswirkungen sowohl auf den Energieverbrauch, als auch auf die Behaglichkeitssituation. Für aussagekräftige Ergebnisse im Rahmen einer vergleichenden Studie von Heizungssystemen muss deshalb jedenfalls versucht werden, das unbeeinflusste Nutzerverhalten zu berücksichtigen.

### **ad Kritikpunkt 4) Berücksichtigung von statistischen „Ausreißern“**

Die Ergebnisse wurden für beide Objekte sowohl als Mittelwerte, als auch als Einzeldarstellungen abgebildet. Eine willkürliche Bereinigung von Ergebnissen auf Grund von Mutmaßungen („außergewöhnlichem Temperaturempfinden“) wäre vollkommen unangebracht und keinesfalls zu rechtfertigen.

Betreffend „völlig falsche Betriebsart“: siehe Punkt 3 oben.

### **ad Kritikpunkt 5) Temperaturdifferenz „Knöchel-Scheitel“**

Das Kriterium ist als Teil der Behaglichkeitsauswertung sehr wohl im Bericht enthalten:

- Theoretischer/normativer Hintergrund: siehe Bericht Seite 37 oben
- Auswertungen, Messergebnisse:

- sitzend: Abbildung 44 und 45
- stehen: Abbildung 46 und 47 (inkl. Interpretation)
- Einstufung: Tabelle 9, 2. Spalte

Simulation/Messergebnis: die Berechnung wurde sehr ausführlich im Bericht erläutert (Seite 48-52). In der Simulation wurden ausschließlich die Einstrahlzahlen (view-factors) auf Basis eines transparenten Verfahrens ermittelt.

Die Auswertungen selbst basieren auf den messtechnisch ermittelten Oberflächentemperaturen Vorort – diese flossen als Basisdaten in die Simulation ein.

Die Nichtberücksichtigung der Auslegungsregeln des IR-Herstellers kann und soll von den Studienautoren nicht beurteilt werden. Es wurden von Seiten der Wohnbaugesellschaft namhafte Unternehmen mit der Planung und Ausführung betraut.

### **ad Kritikpunkt 6) Berechnungsmethode**

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde auf sehr einfache Weise durchgeführt. Eine genauere Betrachtung ist jedoch auch nicht zielführend, da wie erwähnt, die volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen eine große Rolle spielen. Zwischenzeitlich wurde etwa eine Strompreiserhöhung von 8% von der Energie Steiermark angekündigt, dies würde bereits zu einem gänzlich anderen Ergebnis führen.

Dem „einfachen“ Excel-Berechnungstool des Energieinstituts „maligne Eigenschaften“ zuzusprechen ist nicht angebracht. Es handelt sich lediglich um die Anwendung der Barwertmethode und einfache Zinseszinsrechnung. Es sind keine spezifischen negativen Bewertungsparameter oder ähnliches für Stromdirektheizung hinterlegt. Die Berechnungen sind transparent und hätten auch in einem selbst angefertigten Berechnungsblatt durchgeführt werden können. Aus Effizienz- bzw. Ressourcengründen wurde auf ein bestehendes und langjährig getestetes Tool zurückgegriffen.

Für die Phase 2 der Vergleichsmessungen kann selbstverständlich auch auf ein anderes Berechnungstool basierend auf ÖN M 7140 zurückgegriffen werden.

Wir haben auch das Energieinstitut Vorarlberg um eine Stellungnahme diesbezüglich gebeten. Diese finden Sie im Anhang.

### **ad Kritikpunkt 7) angenommene Lebensdauer**

Hier existieren tatsächlich keine objektiv belastbaren Werte in der Literatur und einschlägigen Regelwerken. Bei einer kurzen Internetrecherche wurden auch Hersteller vorgefunden, welche kürzere Lebensdauern als 25 Jahren angeben. Schätzwerte aus der betroffenen Industrie sind im Rahmen eines objektiven Ansatzes hier wenig zielführend.

Eine Einschätzung durch unser interdisziplinäres Team welches aus Technikern, Ingenieuren und Naturwissenschaftlern als vielen relevanten Fachbereichen besteht, schien im Rahmen dieser Studie zielführender. Auf die hierbei verbleibenden Unschärfen wurde im Bericht hingewiesen.

### **ad Kritikpunkt 8) angenommene Wartungskosten**

Die 0,5% ergeben absolut gesehen einen sehr geringen Jahresbetrag (ca. 30€ im Jahr). Der statische Ausfall von einzelnen Reglern, Paneelen, Sicherungen etc. würde diesen bereits

rechtfertigen. (So wurden etwa einfache mechanische Relaischalter eingesetzt, welche täglich sehr viele Schaltzyklen durchführen (siehe Bericht). Es ist bekannt, dass übliche Relais bei derartigen Belastungen nach mehreren Jahren auszutauschen sind). Selbst bei marginalen Wartungsarbeiten sind die anfallenden Anfahrtskosten bzw. Pauschalsummen des Elektrikers zu berücksichtigen. Der angenommene Anteil von Wartungskosten für das Gesamtsystem ist daher aus unserer Erfahrung angemessen.

### **ad Kritikpunkt 9-12) Umweltauswirkungen / Stromherkunft**

Das „Zertifikathandeln“ ist keinesfalls zur Umweltfolgenabschätzung geeignet und wird auch von keiner seriösen wissenschaftlichen Institution zu diesem Zweck herangezogen.

Herkunftszertifikate sind NICHT an physikalische Stromlieferungen gebunden. Die Preise für diese „RES-E GO-Zertifikate“ liegen im Bereich von 10-30 €ct pro Megawattstunde und somit bei ca. 1% des physikalischen Strompreises. Es handelt sich um ein Parallelsystem mit starken Verzerrungen, da einerseits ein starkes Angebot/Nachfrage Missverhältnis besteht und andererseits die einzelnen Akteure sehr unterschiedliche Interessen verfolgen. Während manche Staaten (insbesondere mitteleuropäische) und Kundenkreise (insbesondere Privatkunden) erneuerbare Energie Zertifikate zukaufen, gibt es andere Player, welche diese netto verkaufen und den Anteil der nicht-erneuerbaren Energie erhöhen. Als Beispiel sei hier Norwegen genannt, welches seinen Strom zu 98% aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt.

Da dies der Bevölkerung offenbar ohnehin bewusst ist, werden die Herkunftszertifikate im großen Stil exportiert, was dazu führt, dass der Residualstrommix in Norwegen „auf dem Papier“ zum überwiegenden Teil(!) aus nicht-erneuerbaren Energiequellen stammt. Folglich wäre die Bewertung von Stromdirektheizung und Elektromobilität in Norwegen sehr kritisch zu betrachten, obwohl der Strom zu nahezu 100% aus erneuerbaren Energiequellen stammt.

Bilanzierung auf Basis des Zertifikathandels kann mit einer Buchhaltung verglichen werden, bei welcher einige Einheiten bilanziert werden, jedoch beliebig Position aus diesen Einheiten in andere nicht-bilanzierte Bereiche verschoben werden können. Die so erzielbaren Ergebnisse sind willkürlich und erfüllen keine Erhaltungskriterien. Dies ist jedoch Voraussetzung für eine physikalisch plausible Berechnung von Umweltauswirkungen.

Dies sieht nicht nur AEE INTEC so, sondern etwa auch der E-Control-Vorstand Andreas Eigenbauer, welcher zum Beispiel in einer unlängst erschienenen Presseaussendung darauf hinweist, dass die Stromkennzeichnung getrennt von der realen physikalischen Stromlieferung an die Kunden abläuft und daher nicht für Bilanzierungen, z.B. für CO<sub>2</sub>, auf der Endkundenseite geeignet ist.

siehe [https://www.ots.at/presseaussendung/OTS\\_20171009\\_OTS0075](https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20171009_OTS0075)

und [https://www.ots.at/presseaussendung/OTS\\_20181008\\_OTS0112](https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20181008_OTS0112)

Das in der Einwendung angedeutete Beispiel mit der Stromlieferung über Tschechien suggeriert wiederum, dass die Zertifikate an physikalische Lieferungen gebunden sind. Dem ist aber nicht so.

Wenn, wie von EasyTherm angeregt, alle physikalischen Stromlieferungen innerhalb Europas korrekt berücksichtigt werden sollen, wäre die Verwendung des gesamteuropäischen Strommixes zur Bilanzierung zielführender. Dies würde allerdings für Österreich, im Vergleich zu der von uns gewählten Auswertungsweise, zu einer massiv schlechteren Bewertung der Umweltauswirkung des Elektrizitätsverbrauchs führen.

Gleisdorf, 17.12.2018

# Anhang - Stellungnahme - Energieinstitut Vorarlberg

---

**Von:** Martin Ploss <Martin.Ploss@energieinstitut.at>  
**Gesendet:** Dienstag, 18. Dezember 2018 15:03  
**An:** Daniel Rüdissler  
**Betreff:** Stellungnahme Kritik IG Infrarot

Sehr geehrter Herr Rüdissler,

wie Sie mir mitgeteilt haben, kritisiert die IG Infrarot in Bezug auf die von der AEE durchgeführte Studie „InfraMess“, dass zur Wirtschaftlichkeitsberechnung das vom Energieinstitut Vorarlberg entwickelte excel-tool „econ calc“ verwendet wurde (siehe folgender Textblock):

## 4.2 Gesamtkostenberechnung

### **Kritikpunkt 6, angewendete Berechnungsmethode:**

Es ist unverständlich, wieso in der Studie ein Tool zur Anwendung kam, dass von ausgesprochenen Gegnern von Infrarotheizungen entwickelt wurde. So hat das zitierte Energieinstitut Vorarlberg (EIV) zwei Publikationen (Broschüren) herausgegeben, die sich deutlich gegen Infrarotheizungen aussprechen und vom Einsatz deutlich abraten. Bemerkenswert an dieser Stelle ist, dass das EIV keine anderen Broschüren ausgegeben hat; nicht einmal gegen Ölheizungen. Eine Neutralität ist dem EIV daher abzusprechen. Vereinbart wurde ursprünglich eine **Gesamtkostenanalyse nach ÖN M7140**, damit auch die Nachvollziehbarkeit objektiviert bleibt und bestehende Berechnungen gemäß dieser Norm über andere Systeme ebenso herangezogen werden können.

Aus Sicht des Energieinstituts Vorarlberg möchte ich zur Kritik der IG Infrarot wie folgt reagieren:

Das vom Energieinstitut Vorarlberg entwickelte excel-tool econ calc ist ein Rechenwerkzeug zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Varianten eines Gebäudes. Mit econ calc können Wirtschaftlichkeitsberechnungen nach verschiedenen Methoden der dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt werden, unter anderem nach den in ÖNORM M 7140 genannten Methoden Barwertmethode und Annuitätenmethode.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung mit econ calc erfolgt unter Berücksichtigung der in der Norm genannten variablen Parametern

- kapitalgebundene Kosten,
- verbrauchsgebundene Kosten,
- betriebsgebundene Kosten,
- Zins-, Preis- und Kostenfaktoren der vorgenannten Kostengruppen und
- Nutzungsdauer der Anlagenteile

Das tool econ calc ist ein Rechenwerkzeug, mit dem nach den auch in der Norm aufgeführten finanzmathematischen Zusammenhängen Vergleiche der Gesamtkosten für verschiedene Ausführungsvarianten von Gebäuden durchgeführt werden können.

Das tool ist selbstverständlich „neutral“, da es auf finanzmathematischen Zusammenhängen beruht und da alle Eingabegrößen (Energiebedarf/Energieverbrauch, Investitions-, Wartungs- und Energiekosten, Lebensdauern, Betrachtungszeiträume, Zinssätze, aktuelle Energiepreise, Energiepreissteigerungen...) projektspezifisch eingegeben werden können.

Die Frage einer Neutralität des EIV stellt sich weder im Zusammenhang mit dem tool econ calc, noch in Bezug auf das Forschungsprojekt „Inframess“: das Energieinstitut Vorarlberg war in das Projekt „InfraMess“ in keiner Weise involviert und hatte keinen Einfluss auf das im Projekt verwendete Rechenwerkzeug bzw. auf die für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen festgelegten Annahmen und Randbedingungen hatte.

Wir hoffen, mit dieser Stellungnahme zu einer Einordnung der Kritik der IG Infrarot beigetragen zu haben.

Mit freundlichen Grüßen

Martin Ploß

Bereichsleiter energieeffizientes Bauen  
\*\*\*\*\*

**Energieinstitut Vorarlberg**  
CAMPUS V, Stadtstraße 33  
6850 Dornbirn, Österreich

+43 (0)5572 / 31 202-85  
[wolfgang.seidel@energieinstitut.at](mailto:wolfgang.seidel@energieinstitut.at)  
[www.energieinstitut.at](http://www.energieinstitut.at)  
ZVR 945611553  
\*\*\*\*\*