

TOSHIBA Leading Innovation >>>



Toshiba. Leading the new era in air conditioning.

Umwelt schonen und Kosten sparen

durch Einsatz der
Toshiba Invertertechnologie

1. Grundlagen

Grundlegend basiert die Invertertechnologie für Klimaanlage auf dem Gedanken, durch Änderung der Verdichterdrehzahl die Kälteleistung der Klimaanlage der benötigten Kühllast im Raum anzugleichen. Diese Methode birgt im Teillastbereich große Vorteile gegenüber herkömmlichen Klimaanlagen mit Fixed-Speed Verdichtern, welche ihre Drehzahl nicht ändern können.

1.1 Klimaanlage mit Fixed-Speed Verdichter

Eine Fixed-Speed Klimaanlage ist auf ihre zu erbringende Maximalleistung

ausgelegt. Sobald sich eine Wärmelast im zu kühlenden Raum ergibt, startet die Klimaanlage mit voller zur Verfügung stehender Kälteleistung. So lange die im Raum befindliche Wärmelast gleich groß der erbrachten Kälteleistung ist, läuft die Fixed-Speed Klimaanlage durch. Da jedoch zu 80% im Jahr nur ein Teil der maximalen inneren Lasten anliegen, fällt die Temperatur im Raum ab. Ist die minimale Temperatur unterschritten, schaltet die Klimaanlage wieder aus, bis nach einiger Zeit durch die anliegende Innenlast die Raumtemperatur ansteigt. Wird die Einschalttemperatur erreicht, schaltet die Fixed-Speed Klimaanlage erneut ein (Bild 1). Dieses

Schaltverhalten stellt sich über die komplette Laufzeit ein.

1.2 Klimaanlage mit Inverter geregelttem Kompressor

Ein umfangreicheres Regelverhalten bietet eine Klimaanlage mit Inverter geregelttem (Drehzahl geregelttem) Verdichter. Stellen die Temperatursensoren am Innengerät eine steigende Temperatur in der angesaugten Rückluft fest, errechnen sie auf Grund der Temperaturdifferenzen zwischen Rückluft und Sollwert die benötigte Kälteleistung und melden diese dem Außengerät. Der Verdichter wird angefahren und verharret knapp über seiner Minimalleistung, um den Kälteprozess zu starten. Durch die langsame Drehzahlerhöhung entstehen keine an das Stromnetz abgegebenen Spannungsspitzen. Hat sich ein stabiler Kälteprozess aufgebaut, passen sich die Drehzahl des Verdichters und die erbrachte Kälteleistung der vorab vom Innengerät errechneten Leistung an. Während des gesamten Laufprozesses überwacht die Klimaanlage alle Temperaturen. Dabei werden Abweichungen im zehntel Grad Bereich erfasst.

Regelverhalten einer Klimaanlage mit Fixed-Speed Kompressor

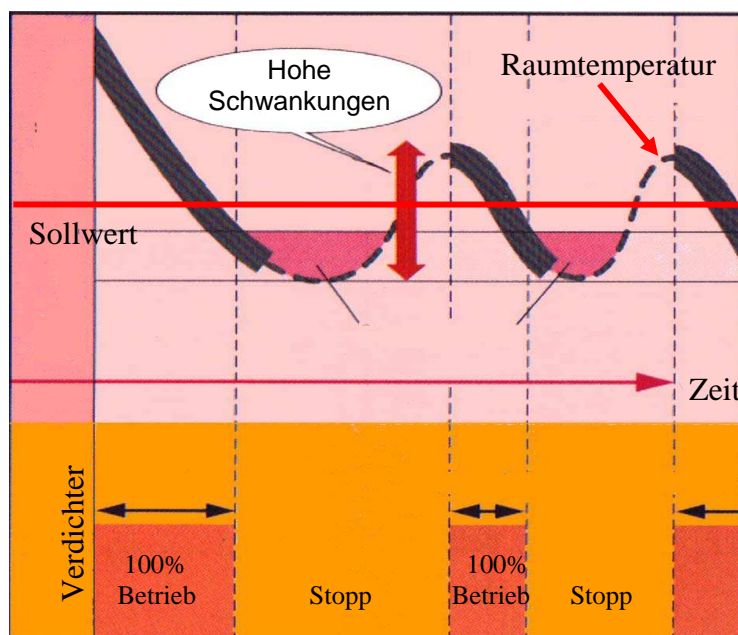


Bild 1

Regelverhalten einer Klimaanlage mit Inverterregelung

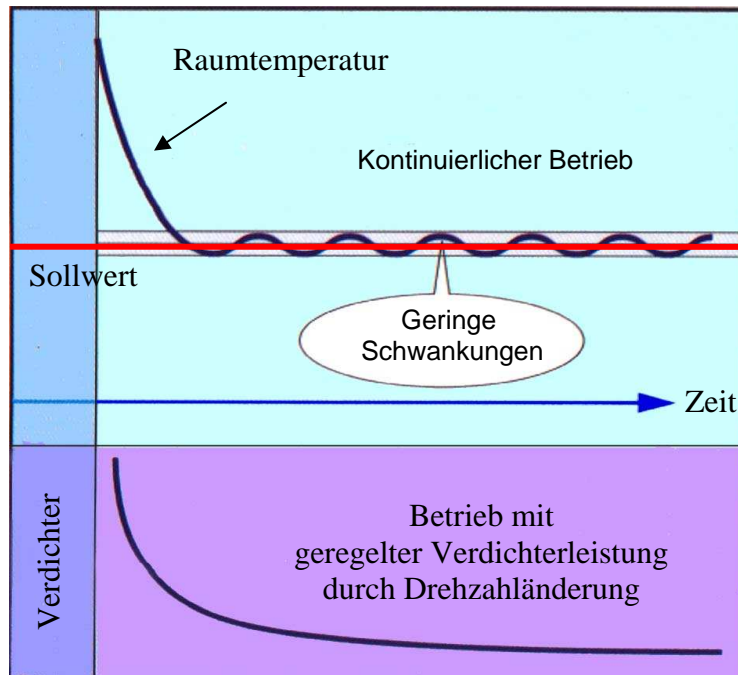


Bild 2

geregelt Klimaanlage den erforderlichen Bedingungen im Raum an (Bild 2 und 3).

Hat sich nach einiger Laufzeit das Lastverhältnis zwischen der vorhandenen Innenlast und der erbrachten Kälteleistung einander angeglichen, entsteht eine gleichmäßige Leistungsaufnahme aus dem Stromnetz und eine um +/- 1 K genaue Raumtemperatur (Bild 3). Die Klimaanlage läuft ohne energieaufwendige Neustarts bis die minimale Kälteleistung unterschritten wird. Unterhalb der minimalen Kälteleistung schaltet die Klimaanlage ab.

Wird dabei festgestellt, dass die erbrachte Leistung der Inverter geregelten Klimaanlage zu hoch ist, da zum Beispiel die Raumtemperatur um 0,1°C unter den Sollwert abfällt, wird dies im Innengerät ausgewertet und vom Außengerät eine geänderte Kälteleistung gefordert. Der Verdichter reduziert daraufhin seine Drehzahl. Wird eine höhere Leistung verlangt, steigt die Drehzahl

schrittweise wieder an. Über dieses Regelverhalten, gleicht sich die Inverter

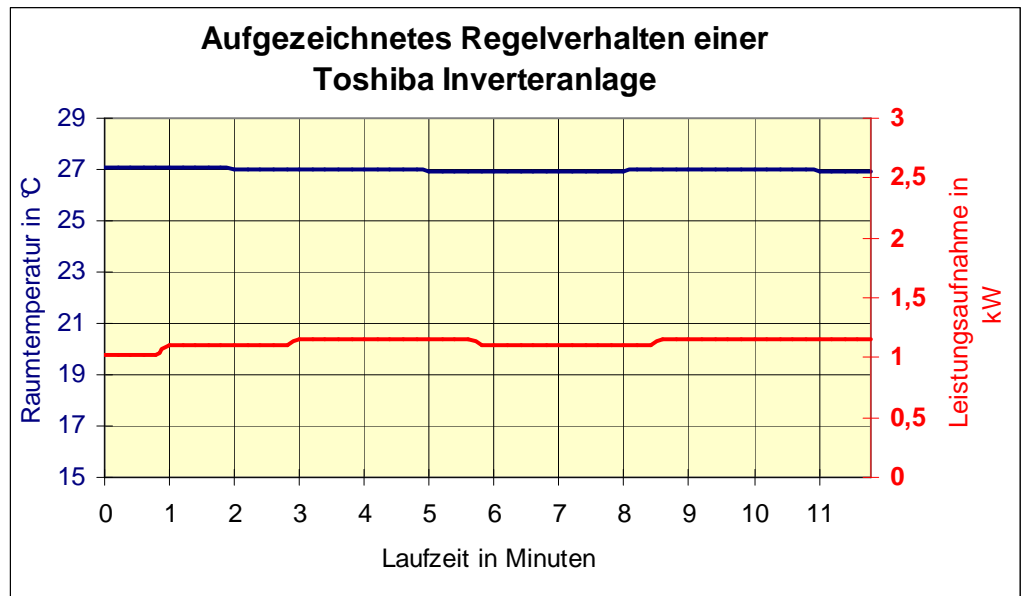


Bild 3

2. Zuverlässigkeitstest einer Toshiba Superdigital Inverter Klimaanlage

2.1 Kaltstart bei -15°C Außentemperatur

Um die Leistungsfähigkeit eines Toshiba Super Digital Inverters aufzuzeigen, wurde während einer Leistungsmessung beim TÜV-SÜD ein Kaltstart bei -15°C Außentemperatur durchgeführt.



Bild 4 / Testaufbau

An der Kurve im Bild 5 lässt sich erkennen, wie gleichmäßig der Inverter seine Drehzahl erhöht. Sobald die Klimaanlage feststellt, dass die Temperatur im Raum anfängt zu sinken, wird die Drehzahl und damit auch die Leistungsaufnahme des Verdichters gesenkt. Somit gleicht sich die erbrachte Kälteleistung der Inverter geregelten Klimaanlage an die vorhandene innere Kühllast an.

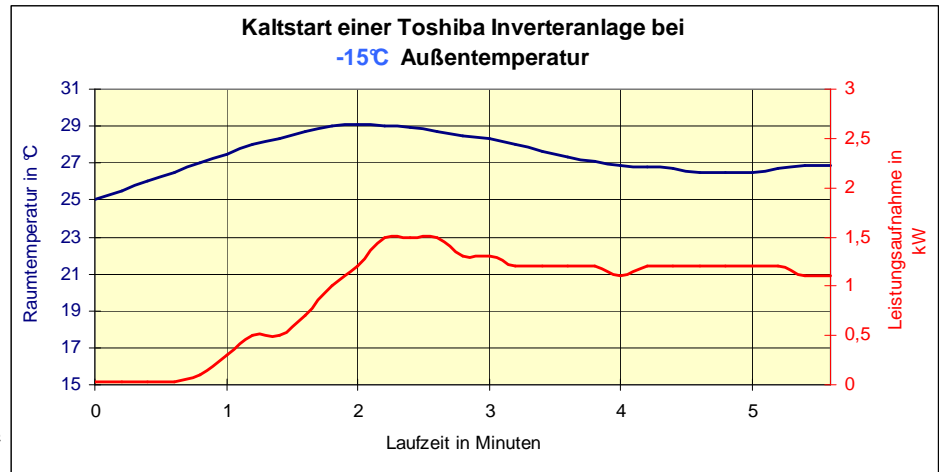


Bild 5

2.2 Warmstart bei 43°C Außentemperatur und 50°C Innentemperatur

Simuliert wurde weiterhin ein Totalausfall einer Klimaanlage in einem Serverraum. Hierfür führte man einen Warmstart bei 43°C Außen- und 50°C Innentemperatur durch. Bei diesen erhöhten Temperaturen besteht die Gefahr, dass eine Klimaanlage durch eine Hochdruckstörung abschaltet. Um diesen

Störfall und damit das Abschalten der Klimaanlage zu verhindern, wird vor Erreichen des zulässigen maximalen Hochdrucks die Verdichterfrequenz der Toshiba Super Digital Inverter Klimaanlage reduziert (Bild 6 / Punkt 1). Damit fällt die abgegebene Leistung der Klimaanlage und der Toshiba Super Digital Inverter wird nicht wegen Überschreiten des zulässigen Hochdrucks abschalten.

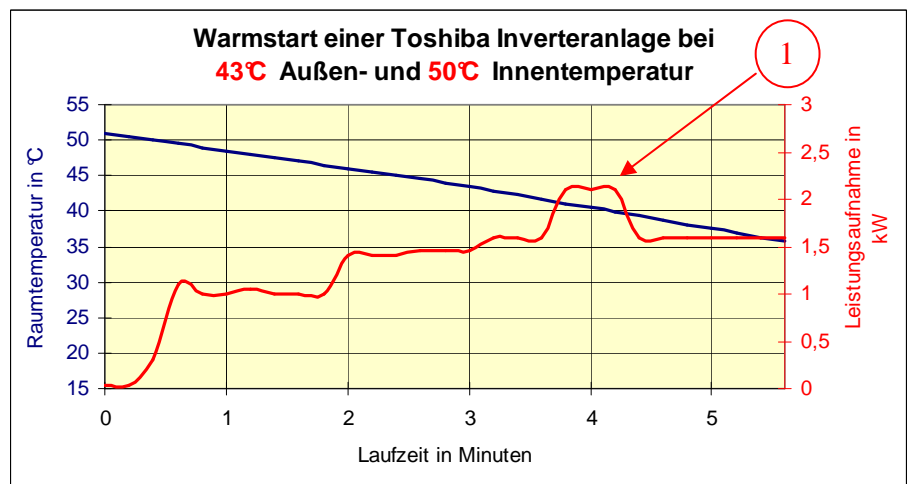


Bild 6

3. Energieeinsparung durch Invertertechnologie

3.1 Theoretische Betrachtung zur Energieeinsparung

Physikalisch bedingt steigt die Energieeffizienz einer Klimaanlage mit steigender Wärmeübertragerfläche im Verhältnis zu der zu erbringenden Kälteleistung. Da die Flächen des Verflüssigers und des Verdampfers sowie die Verdichterkonstruktion auf volle Kälteleistung ausgelegt sind, ist das Verhältnis im Teillastbetrieb wesentlich günstiger. Der Verdichter läuft mit geringer Drehzahl und damit auch geringem Energiebedarf. Der Verflüssigungsdruck und die Verflüssigungstemperatur fallen (je Kelvin niedrigere Verflüssigungstemperatur ca. 4 % Energieersparung). Die Unterkühlung des flüssigen Kältemittels nimmt zu und der Verdampfungsdruck steigt an (je Kelvin ca. 1-2% Energieersparnis). Bei den Leistungsmessungen wurden so Leistungsziffern (Kühlen) im Teillastbereich von über 9 und eine Energieeinsparung von bis zu 49% gegenüber einer Fixed-Speed Klimaanlage festgestellt.

3.2 EER (Energy Efficiency Ratio)

Die angesprochene Leistungsziffer Kühlen EER (Energy Efficiency Ratio) ist das Verhältnis zwischen der erbrachten Kälteleistung und der Leistungsaufnahme aus dem Stromnetz.

Im Vollastfall liegt das Verhältnis zwischen 3 und 4. Das bedeutet, es wird drei- bis viermal mehr Wärmelast in kW aus dem Raum aufgenommen, wie aus dem Stromnetz für die Verdichtung des Kältemittels und den Betrieb der Klimaanlage benötigt.

3.3 Energieeinsparungen im Teillastbereich in der Praxis

Während der vom TÜV-SÜD durchgeführten Leistungsmessung

wurden verschiedenste Teillastpunkte auf ihre vorgegebenen Werte hin untersucht. Getestet wurde eine Toshiba Super Digital Inverter Klimaanlage der Größe 802 mit 7,1 kW Nennkälteleistung. Alle gemessenen Teillastpunkte und Schallwerte erreichten die Werksvorgaben. Auf Grund der Aufzeichnung der Leistungsmessung (Bild 8) lässt sich grafisch erkennen, dass je mehr eine Inverter geregelte Klimaanlage im Teillastbereich arbeitet, die Leistungsziffer EER besser wird. Bei 15°C Außentemperatur und 50% Innerer Last betrug der EER über 9,5 (Bild 8 / Punkt 1). Somit wurde neuneinhalb mal soviel Kälteleistung in kW zur Verfügung gestellt, wie Leistung aus dem Stromnetz zum Betrieb der Klimaanlage aufgenommen.

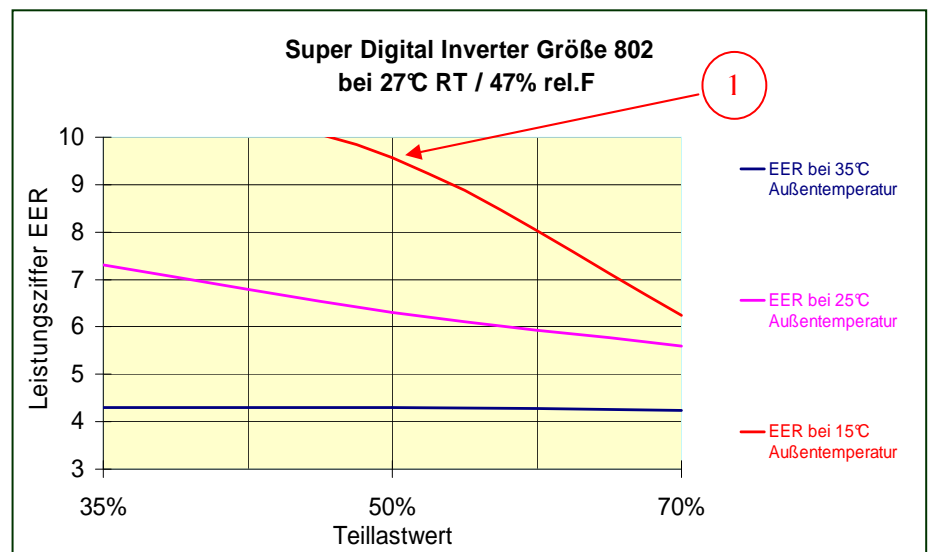


Bild 8

3.4 Freifeldversuch



Bild 9

Bei einem von Toshiba-Carrier-Corp. durchgeführten Freifeldversuch (Bild 9) in einer Mobilfunkstation wurden eine Fixed-Speed Klimaanlage mit 7,1 kW und eine Toshiba Super Digital Inverter Klimaanlage mit 6,9 kW Nennkälteleistung bei gleichen Bedingungen auf ihren Jahresenergieverbrauch untersucht. Die interne Wärmelast der Mobilfunkstation betrug konstant 4,6 kW und die äußeren klimatischen Bedingungen können mit Wien verglichen werden. Dabei stellte sich heraus, dass die Fixed-Speed Klimaanlage einen Jahresenergieverbrauch von 12.499 kWh aufzeigte. Der Toshiba Super Digital Inverter nahm hingegen nur 6.101 kWh im Jahr auf (Bild 10). Umgerechnet erhielt man bei der Inverter geregelten Klimaanlage einen durchschnittlichen EER von 5,07 und eine Energieeinsparung sowie

CO₂ Entlastung von 51% gegenüber der Fixed-Speed Klimaanlage.

3.5 Schlussfolgerungen aus den Messungen

Auf Grund der hohen Leistungsziffer EER im Teillastbereich sollten vorrangig invertergeregelt Klimaanlage eingesetzt werden. Es empfiehlt sich dabei immer die Leistungsstärkere Gerätegröße einzusetzen. Bei einem Anwendungsfall von 5 kW permanenter Wärmelast im Raum, wird dieser von einer 5 kW Klimaanlage und von einer 7 kW Klimaanlage abgedeckt. Bei einer 7 kW Klimaanlage befindet man sich allerdings schon deutlich im Teillastbereich. Umgerechnet auf den Jahresenergieverbrauch bei permanent 5 kW innerer

Kühllast und 27 °C Raumtemperatur benötigt so eine 5 kW Klimaanlage 7.632 kWh. Eine 7 kW Klimaanlage nimmt jedoch nur 6.463 kWh auf. Dieses Energieeinsparpotenzial kommt nicht nur dem Energieverbrauchskosten sondern auch dem CO₂ Ausstoß positiv entgegen. Der CO₂ Ausstoß reduziert sich um 935 kg pro Jahr, wenn man pro kWh Verbrauch 0,8 kg CO₂ Emission zu Grunde legt. Da sich die größere Klimaanlage im Teillastbereich befindet, sind somit nicht nur die Energiebilanz und die CO₂ Emission verbessert, auch die Entfeuchtung im Raum nimmt auf Grund der geringeren Temperaturdifferenzen zwischen Verdampfungstemperatur und Raumtemperatur ab.

Vergleich Jahresenergieverbrauch und CO₂ Ausstoß zwischen Inverter und Fixed Speed beim Freifeldversuch

Monat	durchschnittliche Außentemperatur in °C	Fix Speed Klimaanlage	Toshiba Super Digital Inverter	Verbesserung
		Energieverbrauch in kWh	Energieverbrauch in kWh	
1	-7,8	773	367	-406
2	-7,2	781	335	-446
3	-2,4	844	405	-439
4	5,2	969	458	-511
5	11,7	1110	553	-557
6	16,5	1243	610	-633
7	20,5	1381	715	-666
8	21,1	1405	729	-676
9	15,6	1216	595	-621
10	8,8	1043	514	-529
11	2	913	428	-485
12	-4,1	821	392	-429
Jahres Energieverbrauch		12.499 kWh/a	6.101 kWh/a	-6.398 kWh/a
Jahres CO₂ Ausstoß		9.999 kg/a	4.881 kg/a	-5.118 kg/a

(1 kWh = 0,8 kg CO₂)

Bild 10

Es steht also mehr Kälteleistung für den sensiblen, fühlbaren Teil der Kühlung zur Verfügung. Weiterhin sind die Schallemission und der Verschleiß der Klimaanlage gegenüber der Volllast wesentlich vermindert, wodurch sich eine höhere Lebensdauer einstellt.

3. 5 Weitere Potenziale zur Energieeinsparung

3.5.1 Erhöhung der Raumtemperatur

Energieeinsparmöglichkeiten ergeben sich auch durch die Erhöhung der Raumtemperatur (Bild 11). Da die meisten Anwendungsfälle nicht unbedingt 18°C Raumtemperatur erfordern, empfiehlt es sich, über eine höhere Sollwerttemperatur nachzudenken. Die Einsparung liegt bei jedem

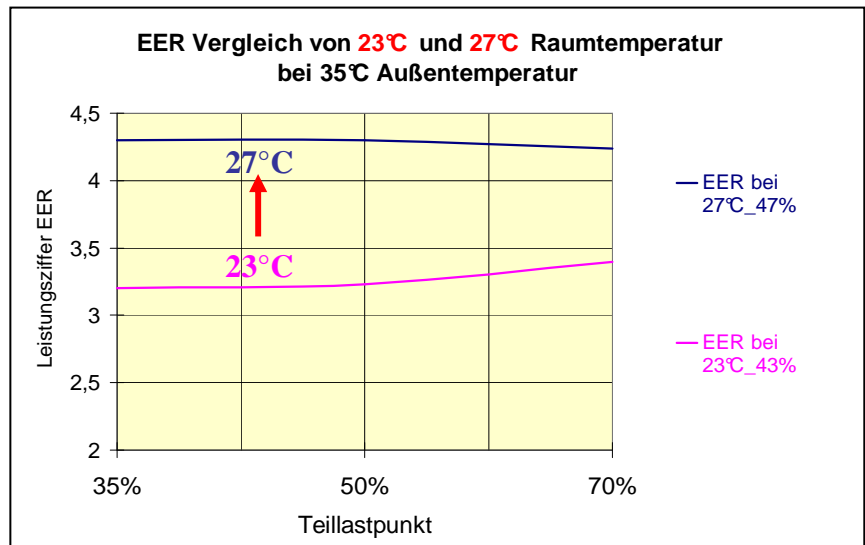


Bild 11

Grad Celsius wärmer bei ca. 4% der Leistungsaufnahme. An der intelligenten Kabelfernbedienung von Toshiba (RBC-AMT31E) gibt es hierfür die Möglichkeit den Bereich für den einstellbaren Sollwert zu begrenzen.

3.5.2 Regelmäßige Wartung

Eine weitere Maßnahme zur Minimierung der

Leistungsaufnahme und zur Reduzierung des CO₂ Ausstoßes besteht in der regelmäßigen und vorbeugenden Wartung der Klimaanlage. Besonders wichtig ist hierbei die Reinigung des Verflüssigers. Da ein verunreinigter Verflüssiger einen höheren Verflüssigungsdruck, eine höhere Lüfterdrehzahl und einen größeren Energiebedarf des Verdichters zur Folge hat, steigt die Leistungsaufnahme (Bild 12) aus dem Stromnetz und verursacht somit höhere Kosten, sowie folglich auch eine höhere Umweltbelastung. Bei der Leistungsmessung vom TÜV-SÜD sind bei 50% abgedecktem Verflüssiger, welche einer starken Verschmutzung durch Pollenflug im Frühjahr nahe kommt, Steigerungen der Energieaufnahme von bis zu 25% festgestellt worden.

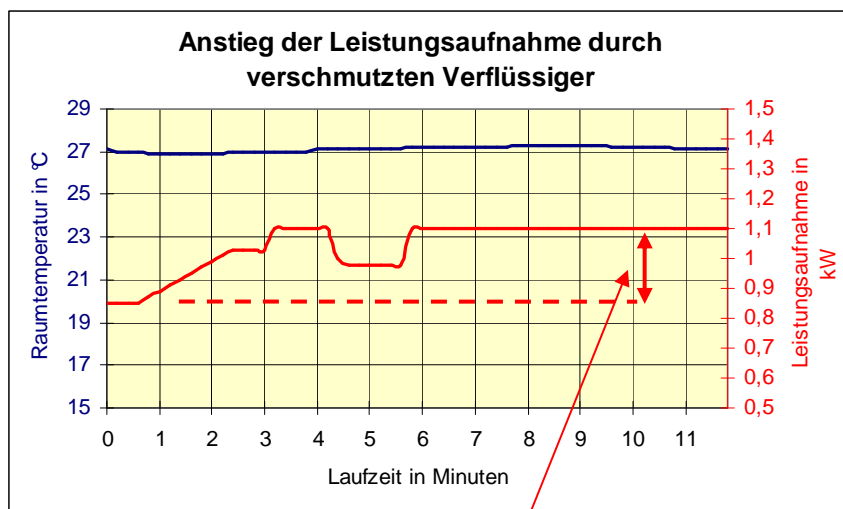


Bild 12

Anstieg der Leistungsaufnahme

4. Fazit

Schon bei der Auswahl der Klimaanlage und den zukünftigen Betriebsbedingungen sollte das Augenmerk auf alle technischen Innovationen gelegt werden. Die Investitionskosten für moderne Invertertechnologie amortisieren sich meist schon nach wenigen Jahren und schonen unsere Umwelt durch einen geringeren Energieverbrauch sowie einer geringeren CO₂ Emission.

