

# Ent-Urbanisierung der Temperaturen mit dem Landsat-basierten „Built-Up“-Datensatz

geschrieben von Chris Frey | 28. November 2022

[Roy W. Spencer](#)

Ein relativ neuer globaler Datensatz über die Veränderungen der Urbanisierung im 40-Jahres-Zeitraum 1975-2014 auf der Grundlage von [Landsat-Daten](#) wird verwendet, um die durchschnittlichen Auswirkungen der Urbanisierung auf die Temperaturen zu bestimmen. Es wird ein Verfahren zur Berechnung des Ausmaßes der Auswirkungen der städtischen Wärmeinsel (Urban Heat Island, UHI) auf die Temperaturen am Beispiel der stündlichen Daten der Integrierten Oberflächendatenbank (Integrated Surface Database, ISD) für die Sommerzeit um 09 UTC (frühmorgens) (hauptsächlich von Flughäfen) im Zeitraum 1973-2022 vorgestellt, indem die Verstädterungsunterschiede mit den Temperaturunterschieden von eng beieinander liegenden Wetterstationen verglichen werden. Die Ergebnisse für den Osten der USA führen zu einem 50-jährigen Erwärmungstrend, der um 50 % geringer ist als der aus dem offiziellen homogenisierten NOAA-Temperaturdatensatz. Es ist wahrscheinlich, dass der Rückgang der Temperaturtrends während des Tages weniger dramatisch sein wird.

## Hintergrund

In den USA ist die Sommererwärmung in den offiziellen NOAA-Temperaturaufzeichnungen [geringer](#) als in allen Klimamodellen, die zur Steuerung der nationalen Energiepolitik verwendet werden. Diese Diskrepanz könnte sogar noch größer sein, wenn die falsche Erwärmung durch die zunehmende Verstädterung in den Temperaturtrends erhalten bleibt. Während das Homogenisierungsverfahren der NOAA die Trendunterschiede zwischen eng beieinander liegenden ländlichen und städtischen Stationen weitgehend beseitigt hat, ist nicht klar, ob die NOAA-Methode tatsächlich die zunehmenden Auswirkungen der städtischen Wärmeinsel (Urban Heat Island, UHI) beseitigt, da es möglich ist, dass sie die Erwärmung in ländlichen Gebieten einfach an die Erwärmung in den Städten anpasst.

Anthony Watts hat [jahrelang](#) versucht zu kategorisieren, wie gut das USHCN-Netz der Temperatur-Überwachungsstationen aufgestellt ist, und hat festgestellt, dass die am besten aufgestellten Stationen im Durchschnitt deutlich niedrigere Temperaturtrends aufweisen als die offiziellen Trends der NOAA. Man geht davon aus, dass die gut platzierten Thermometer den Einfluss von Nebengebäuden, Gehwegen, HLK-Anlagen, Parkplätzen usw. auf die Trends minimiert haben. Dennoch kann wirtschaftliches Wachstum, selbst in ländlichen Gebieten, zu einer

allmählichen ungewollten Erwärmung führen, da das Gebiet außerhalb der unmittelbaren Umgebung des Thermometers wächst. Das Problem ist so wichtig, dass andere Verfahren zur Berechnung von Temperaturtrends in ländlichen Gebieten untersucht werden sollten. Zu diesem Zweck haben John Christy und ich Möglichkeiten erörtert, einen neuen Datensatz von Temperaturen zu erstellen, mit einem weitgehend unabhängigen Satz von Wetterstationen und einer ganz anderen Philosophie der Datenanpassung.

Viele Leser hier wissen, dass ich über die Jahre hinweg immer wieder mit US-Thermometerdaten experimentiert habe, um festzustellen, inwieweit die Erwärmungstrends in den USA durch zunehmende städtische Einflüsse beeinflusst wurden. Ich habe versucht, Datensätze zu verwenden, die sich weltweit anwenden lassen, da es unpraktisch ist, jeden Wetterbeobachtungsort der Welt zu besuchen und zu untersuchen. Bisher hatte ich mich darauf beschränkt, die Bevölkerungsdichte als Näherungswert für die Verstädterung zu verwenden, aber ich war nie überzeugt, dass dies gut genug ist. Die Temperaturdaten, die ich verwende, sind größtenteils unabhängig von den Max/Min-Daten, die von der NOAA verwendet werden, und stammen hauptsächlich von Flughäfen. In den USA machen [ASOS](#) (Automated Surface Observing System) und AWOS-Daten den größten Teil dieser Messungen aus, die stündlich vorgenommen werden und für die die NOAA dann eine leichte Qualitätskontrolle durchführt und ein globales Netz von Stationen als Integrated Surface Database ([ISD](#)) bereitstellt.

## **Die Datensätze zur globalen menschlichen Besiedlung (Global Human Settlement, GHS)**

Kürzlich wurde ich auf das EU-Projekt Global Human Settlement Layer der Europäischen Kommission aufmerksam, das globale, hochauflösende Datensätze entwickelt hat, die den zunehmenden Einfluss des Menschen auf die terrestrische Umwelt quantifizieren. Von diesen Global Human Settlement (GHS)-Datensätzen habe ich den „Built-Up“-Datensatz ausgewählt, der die Dichte der vom Menschen geschaffenen Strukturen darstellt, die aus der Landsat-Satellitenserie seit 1975 entwickelt wurden, und der am ehesten mit dem UHI-Effekt in Verbindung gebracht werden kann. Die Daten liegen auf einem globalen Breiten-/Längengitter mit einer räumlichen Auflösung von 30 Sekunden (nominal ~1 km) vor, und es gibt vier separate Datensatzjahre: 1975, 1990, 2000 und 2014. Dies deckt 40 der 50 Jahre (1973-2022) der stündlichen ISD ab, deren Daten ich analysiert habe. Im Folgenden extrapoliere ich diesen 40-Jahres-Datensatz für jeden Wetterstationsstandort auf die vollen 50 Jahre (1973-2022), für die ich die Temperaturdaten analysiere.

## **Hat die Urbanisierung seit den 1970er Jahren zugenommen?**

Ich denke, der Ausgangspunkt ist die Frage: Hat die Verstädterung seit den 1970er Jahren *messbar* zugenommen? Natürlich hängt die Antwort vom jeweiligen geografischen Gebiet ab.

Da ich gerne in einen neuen Datensatz eintauche, habe ich zunächst die Veränderung der per Satellit gemessenen „bebauten“ Flächen in zwei mir gut bekannten Städten mit der vollen räumlichen Auflösung von 1 km untersucht. Meine Heimatstadt Sault Ste. Marie, Michigan (ein Gebiet mit sehr geringem Wachstum im Zeitraum 1975-2014), und das Gebiet um den Huntsville International Airport, das vor allem im benachbarten Madison, Alabama, ein schnelles Wachstum erlebt hat. Die Veränderungen, die ich für beide Regionen sah, erschienen mir durchaus glaubwürdig.

Als Nächstes bat ich Danny Braswell, ein Bild der 40-jährigen Veränderung der Urbanisierung aus diesem Datensatz über den Südosten der USA zu zeichnen. Das Ergebnis ist in Abb. 1 dargestellt:

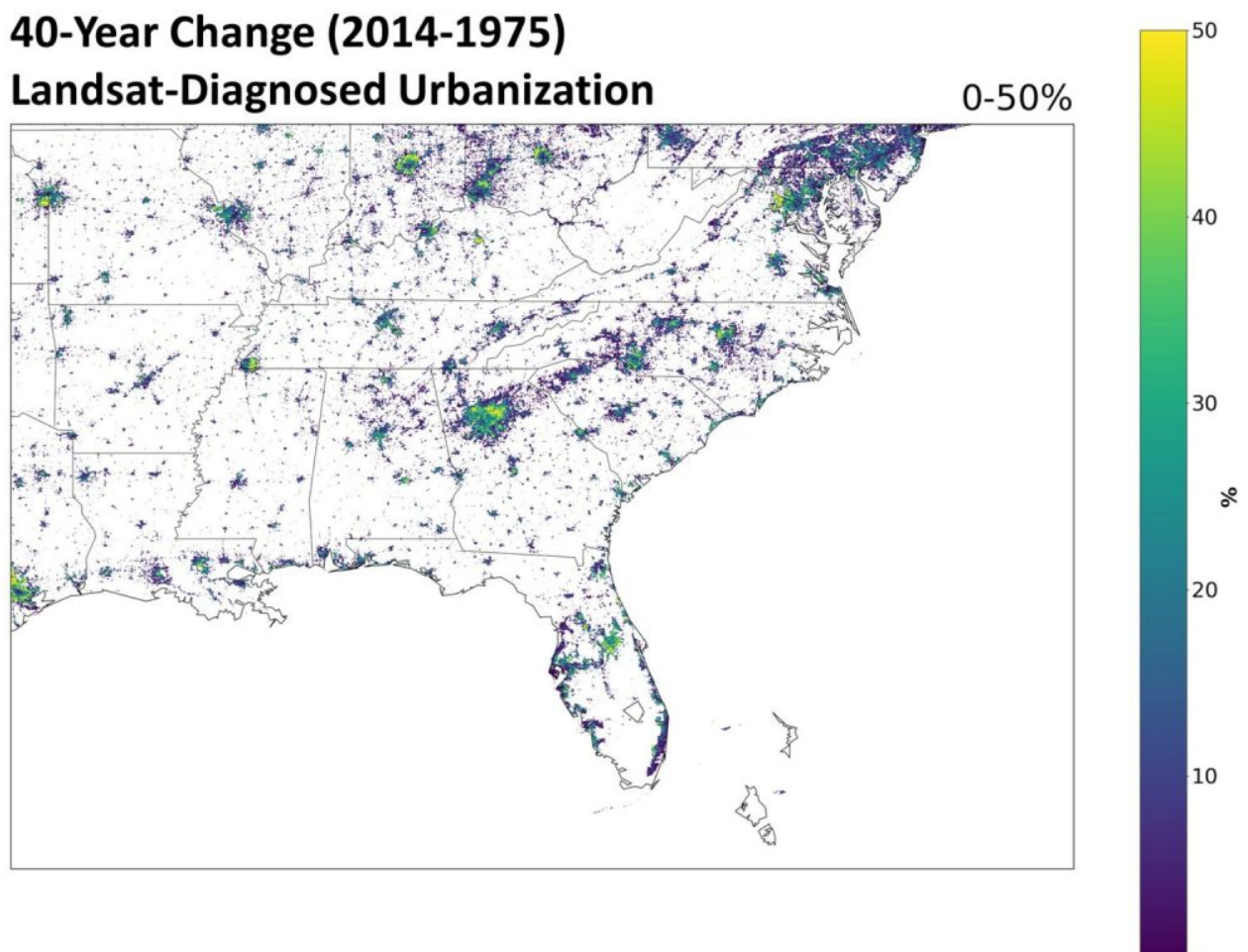


Abb. 1. Die 40-jährige Veränderung der Verstädterung (2014 minus 1975) im Südosten der USA anhand des Landsat-basierten „Built-Up“-Datensatzes.

Bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass die von Menschenhand geschaffenen Strukturen fast überall dort zugenommen haben, wo es bereits menschliche Siedlungen gab. Ich war etwas überrascht zu sehen, dass diese Zunahme auch in Europa weit verbreitet ist, so dass wir davon ausgehen können, dass einige der Ergebnisse, die ich im Folgenden zusammenfasse, auch für andere Länder gelten könnten.

## **Quantifizierung des Urbanisierungseffektes auf die Lufttemperatur**

Ich habe alle stündlich meldenden Wetterstationen (ASOS und AWOS), vor allem von Flughäfen, in den ISD-Datensatz aufgenommen, und zwar für alle Stationen, deren Daten mindestens bis ins Jahr 1973 zurückreichen. Ich berechnete die Temperaturunterschiede um 09 UTC (nahe dem täglichen Temperaturminimum) zwischen Stationen, die nicht mehr als 50 km voneinander entfernt sind, sowie die Unterschiede in den Landsat Built-Up-Werten (0 bis 100). Die Built-Up-Datensätze stammen aus 4 verschiedenen Jahren: 1975, 1990, 2000 und 2014. Ich habe fünf Jahre Temperaturdaten verwendet, die sich auf diese vier Landsat-Jahre konzentrieren, so dass ich insgesamt 20 Jahre August-Durchschnittstemperaturen (09 UTC) mit den entsprechenden vier Jahren der Urbanisierungsunterschiede vergleichen konnte. Nach ausgiebigem Experimentieren entschied ich mich für die vier räumlichen Mittelungszonen, die in Abb. 2 dargestellt sind, um diese Urbanisierungsunterschiede zu berechnen. Auf diese Weise lässt sich das Ausmaß des UHI-Einflusses als Funktion der Entfernung vom Standort der Thermometerstation bestimmen.

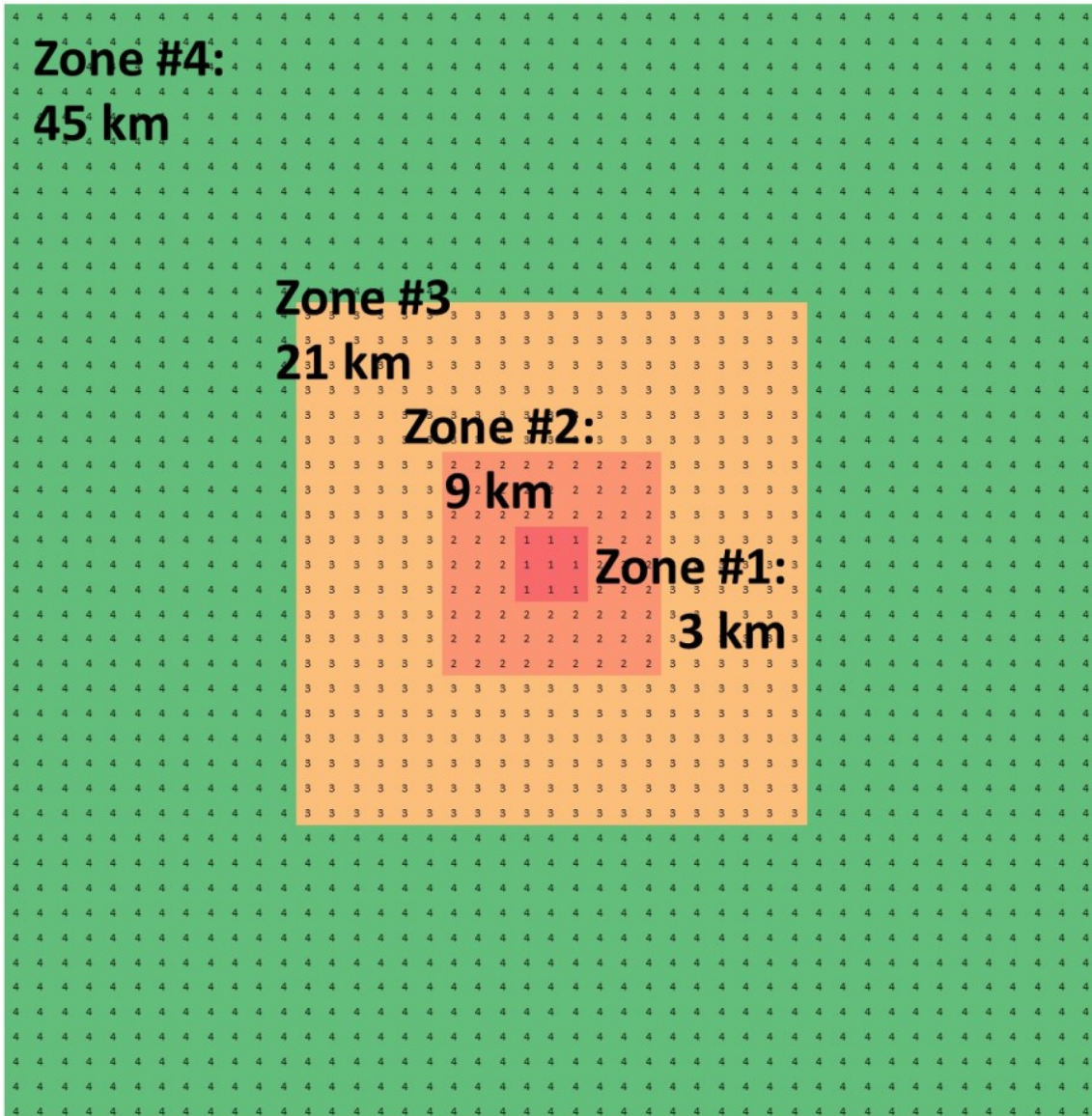


Abb. 2. Mittelungszonen für Landsat-basierte „Built-Up“-Daten mit einer nominellen Auflösung von 1 km zum Vergleich mit den Temperaturunterschieden zwischen den Stationen.

Die für die Analyse verwendeten Stationspaare sind in Abb. 3 dargestellt (ich bitte das Fehlen der Staatsgrenzen zu entschuldigen):

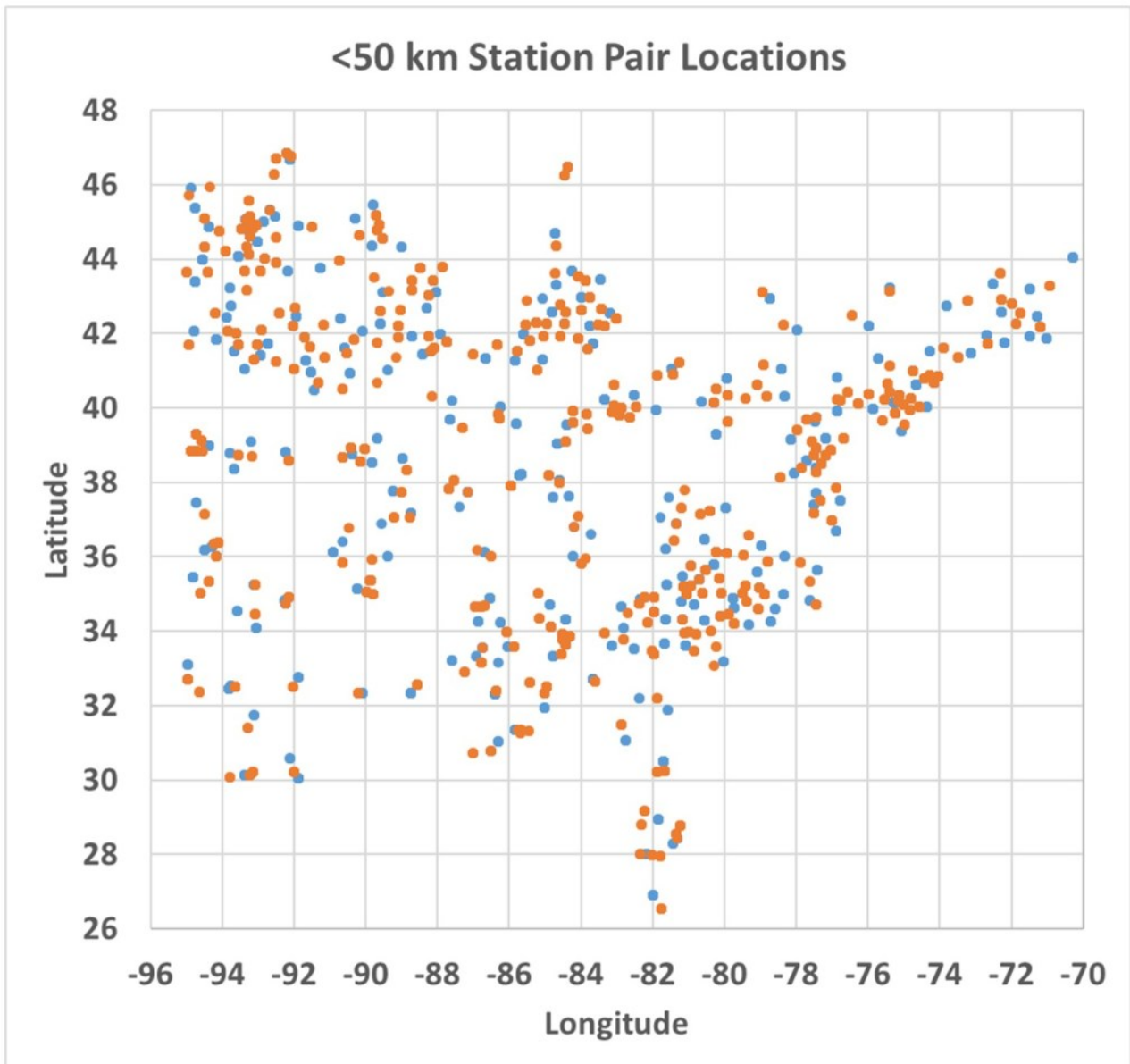


Abb. 3. Standorte der Wetterstationspaare, die bei der Datenanalyse verwendet wurden.

Wenn die Temperaturunterschiede zwischen diesen Stationspaaren berechnet sind, können sie mit den durchschnittlichen Unterschieden in der von Landsat gemessenen Urbanisierung der Zone verglichen werden. Ein Beispiel für Zone 3 ist in Abb. 4 dargestellt, wo wir sehen, dass die Temperaturunterschiede zwischen nahe beieinander liegenden Stationen tatsächlich mit den Unterschieden in der Landsat-basierten Verstärkung zusammenhängen, wobei einige Temperaturunterschiede 4 bis 5 Grad Celsius erreichen. C (bis zu 10 deg. F).

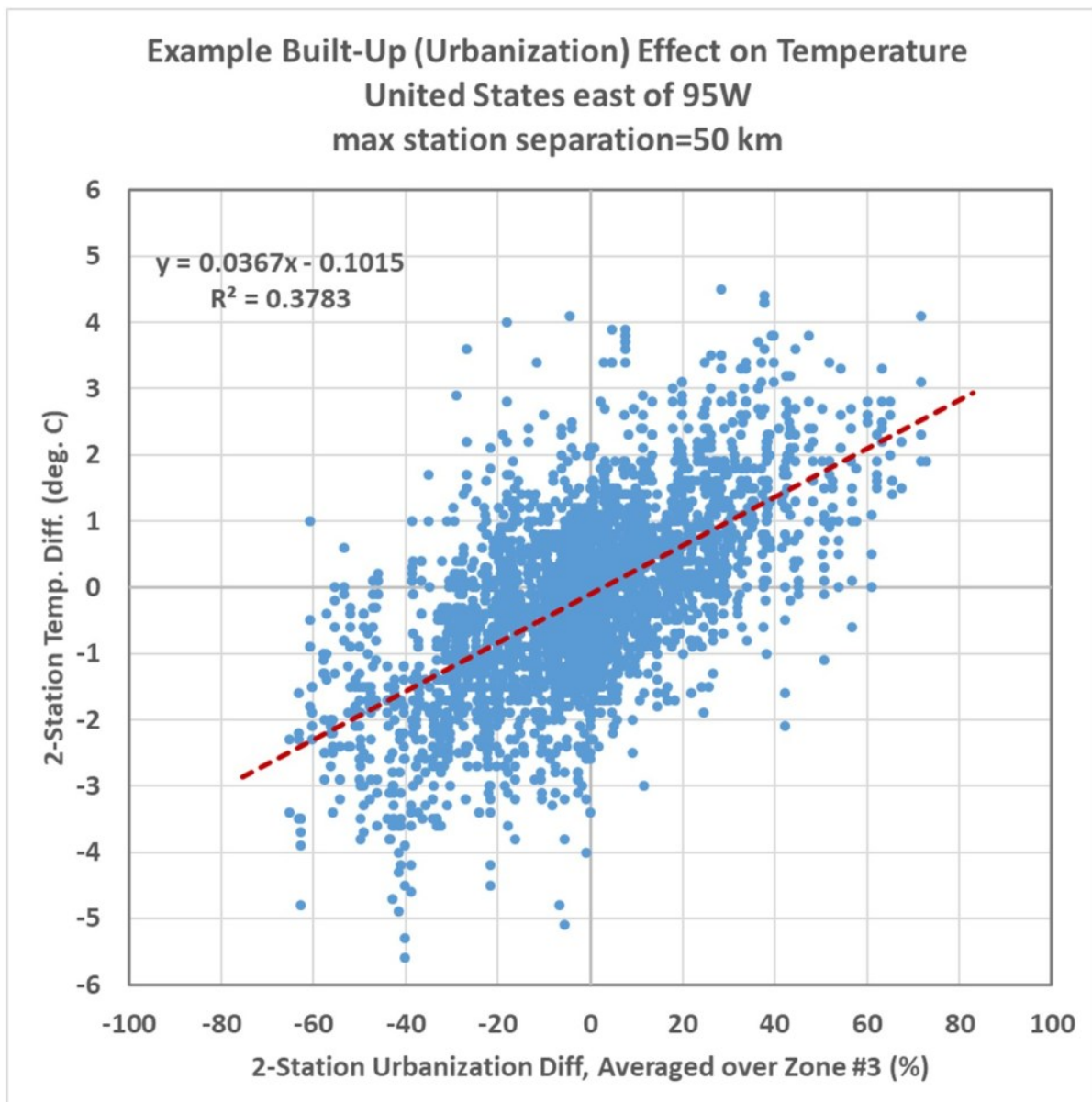


Abb. 4. Zwanzig Jahre Temperaturunterschiede zwischen den Stationen im Vergleich zu Landsat-basierten Urbanisierungsunterschieden über dem Osten der Vereinigten Staaten. Bei den Temperaturdaten handelt es sich um die monatlichen August-Mittelwerte um 09 UTC (nahe des Zeitpunktes der täglichen Mindesttemperatur).

Der eigentliche Algorithmus zur Anpassung der Temperaturen verwendet nicht nur die in Abb. 4 dargestellte Zone, sondern alle vier Zonen der durchschnittlichen Bebauungswerte in einem multiplen Regressionsverfahren. Die resultierenden Koeffizienten waren:

Zone #1: +0.050°C per 10% urbanization difference

Zone #2: +0.061° per 10% urbanization difference

Zone #3:  $+0.172^{\circ}\text{C}$  per 10% urbanization difference

Zone #4:  $+0.081^{\circ}\text{C}$  per 10% urbanization difference

Die Summe dieser Koeffizienten beträgt  $0,37$  deg. C/pro 10 %, was im Wesentlichen dem Regressionskoeffizienten in Abb. 3 für eine einzelne Zone entspricht. Der Unterschied besteht darin, dass durch die Verwendung von 4 Mittelungszonen zusammen die Korrelation etwas verbessert wird ( $r = 0,67$  für die multiple Regression), und wir sehen auch, welche Regionen der Urbanisierung den größten Einfluss auf die Temperaturen haben. Aus den obigen Ergebnissen geht hervor, dass alle Mittelungszonen wichtig sind, wobei Zone 3 am meisten zur Erklärung des UHI-Effekts auf die Erwärmung beiträgt und die  $3 \times 3$  km große Zone, die dem Thermometer am nächsten liegt, die wenigsten Informationen enthält. Beachten Sie, dass ich keine Informationen über das Mikroklima in unmittelbarer Nähe des Thermometers habe (wie Anthony es verwendet). Wenn also in der Nähe des Thermometers im Laufe der 40 Jahre von 1975 bis 2014 wärmeerzeugende Geräte hinzugefügt wurden, würde dies hier nicht quantifiziert werden, und solche ungewollten Erwärmungseffekte werden in den Temperaturdaten verbleiben, selbst nachdem ich die Temperaturen de-urbanisiert habe.

### **Anwendung des Verfahrens auf die Temperaturen im Osten der USA**

Der sich daraus ergebende regressionsbasierte Algorithmus ermöglicht es im Grunde, den Effekt der städtischen Erwärmung über die letzten 40-50 Jahre zu berechnen. Da die in der Analyse verwendeten Stationen den gesamten Osten der USA repräsentieren, kann die Regressionsbeziehung überall in dieser Region angewendet werden, unabhängig davon, ob es dort Wetterstationen gibt oder nicht.

Ich habe das Verfahren auf 269 Stationen angewandt, die über genügend Daten verfügten, um 50-Jahres-Trends (1973-2022) für die Temperaturen im August 09 UTC zu berechnen, und Abb. 5 zeigt die rohen Temperaturtrends im Vergleich zu den deurbanisierten Temperaturtrends. Wenn die Stationen in jedem der 37 Bundesstaaten zusammen gemittelt werden und die Durchschnittswerte der Bundesstaaten flächenmäßig gewichtet werden, ergibt sich eine Verringerung des durchschnittlichen Temperaturtrends für diese 37 Bundesstaaten um 40 %.



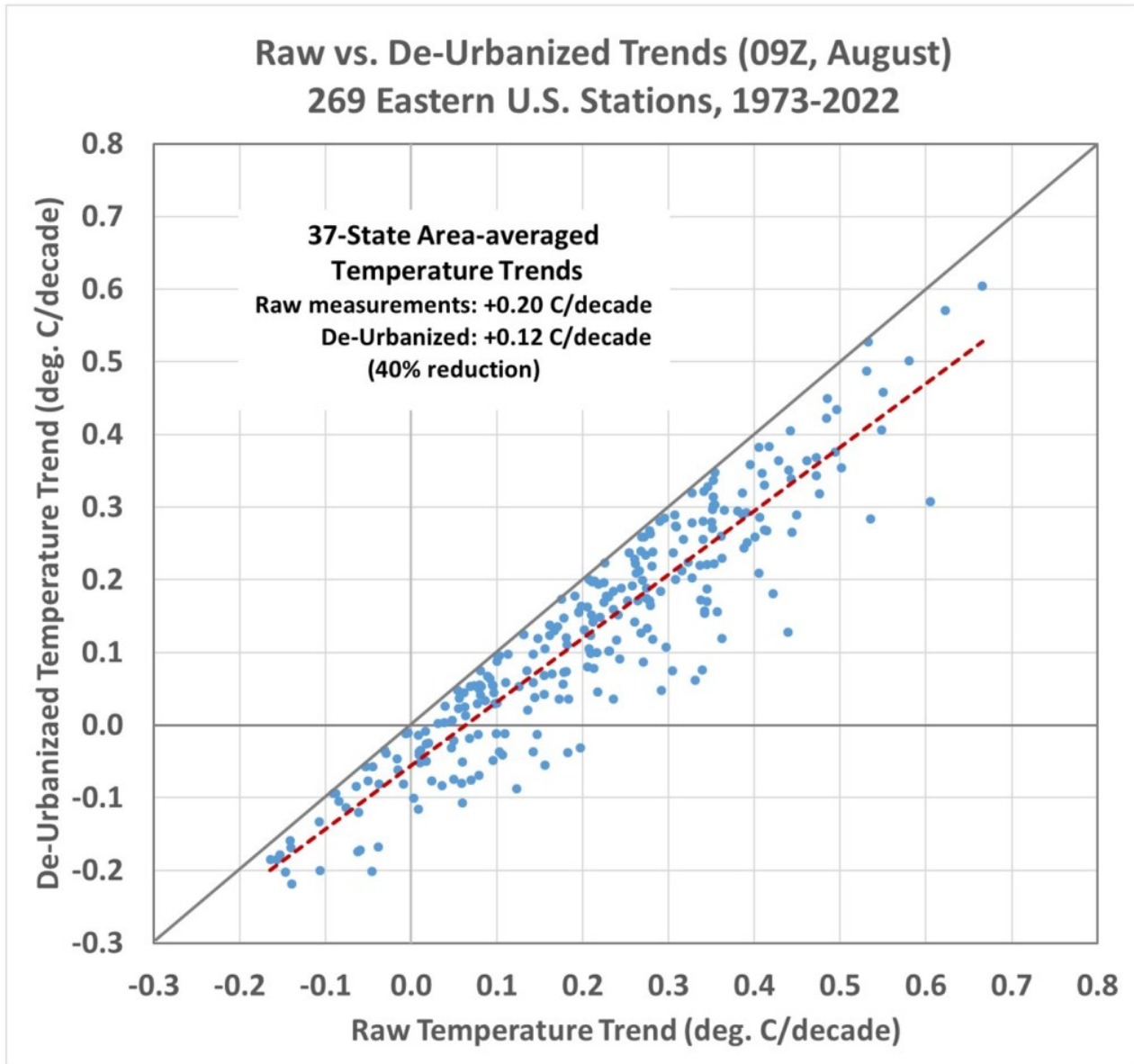


Abb. 5. Rohe und de-urbanisierte Temperaturtrends für 269 Stationen im Osten der USA für 09 UTC August-Temperaturen (ungefähr tägliche August-Minimum-Temperaturen).

Aus den oben genannten Gründen könnte dies durchaus eine Unterschätzung des vollen Urbanisierungseffekts auf die Temperaturtrends im Osten der USA sein.

Wir können die Temperatur an einigen einzelnen Stationen untersuchen. Die Abbildungen 6, 7, 8 und 9 zeigen zum Beispiel die rohen und de-urbanisierten Temperaturen in Orlando, Indianapolis, Waterloo (IA) und Sault Ste. Marie (MI). Da ich mich nur mit einem einzigen Monat (August) beschäftige, gibt es keine saisonalen Effekte zu entfernen, so dass wir die tatsächlichen Temperaturen und nicht die Temperaturanomalien darstellen können.

# Orlando International Airport, Florida

09 UTC August Temperature (deg. C)

1973 - 2022

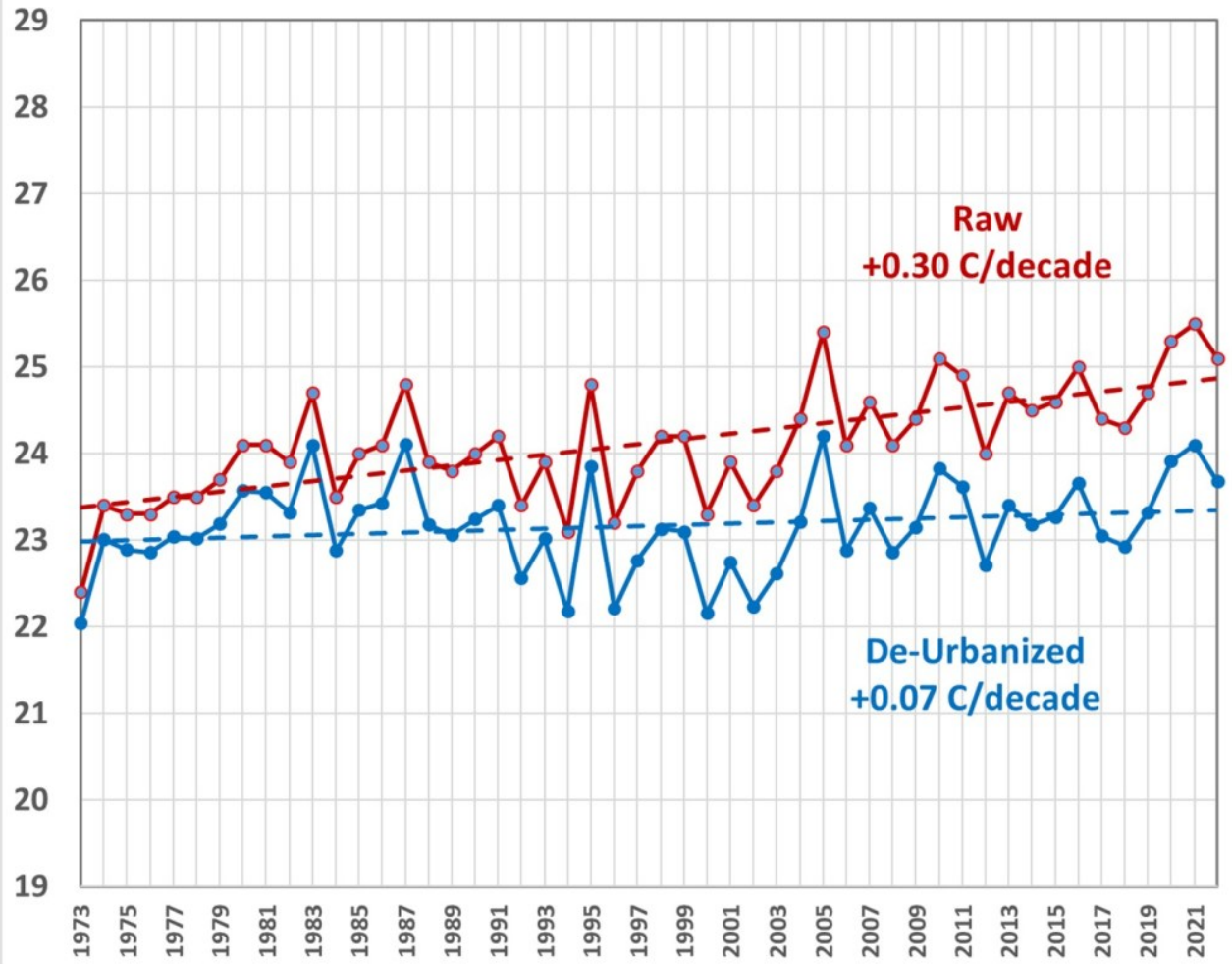


Abb. 6. Durchschnittliche Temperaturen im August 09 UTC, 1973-2022, aus stündlichen Rohmessungen und nach Landsat-basierter de-urbanisierter Anpassung.

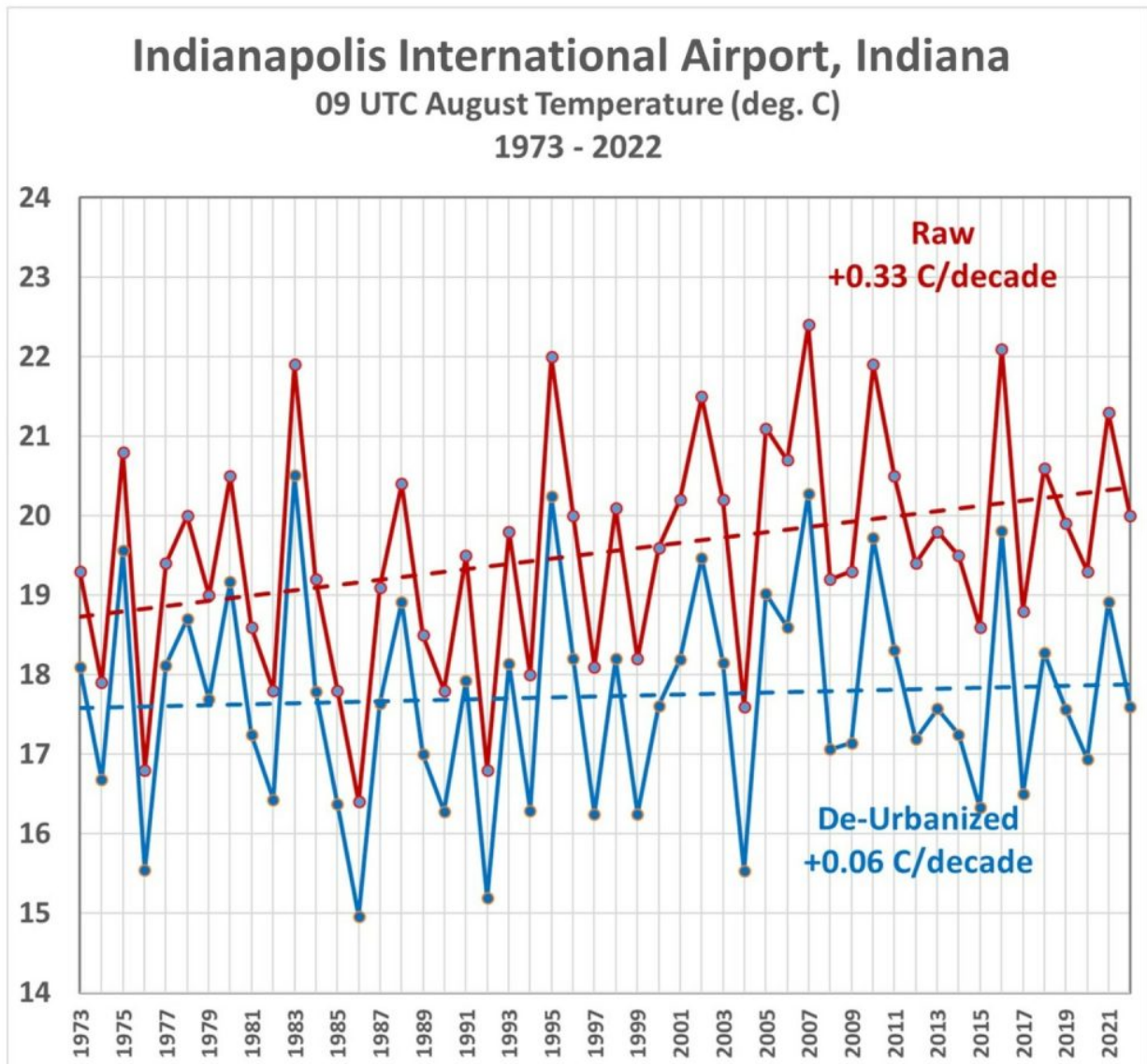


Abb. 7. Durchschnittliche Temperaturen in Indianapolis im August 09 UTC, 1973-2022, aus stündlichen Rohmessungen und nach der Landsat-basierten de-urbanisierten Anpassung.

# Waterloo Municipal Arpt., Iowa

## 09 UTC August Temperature (deg. C)

### 1973 - 2022

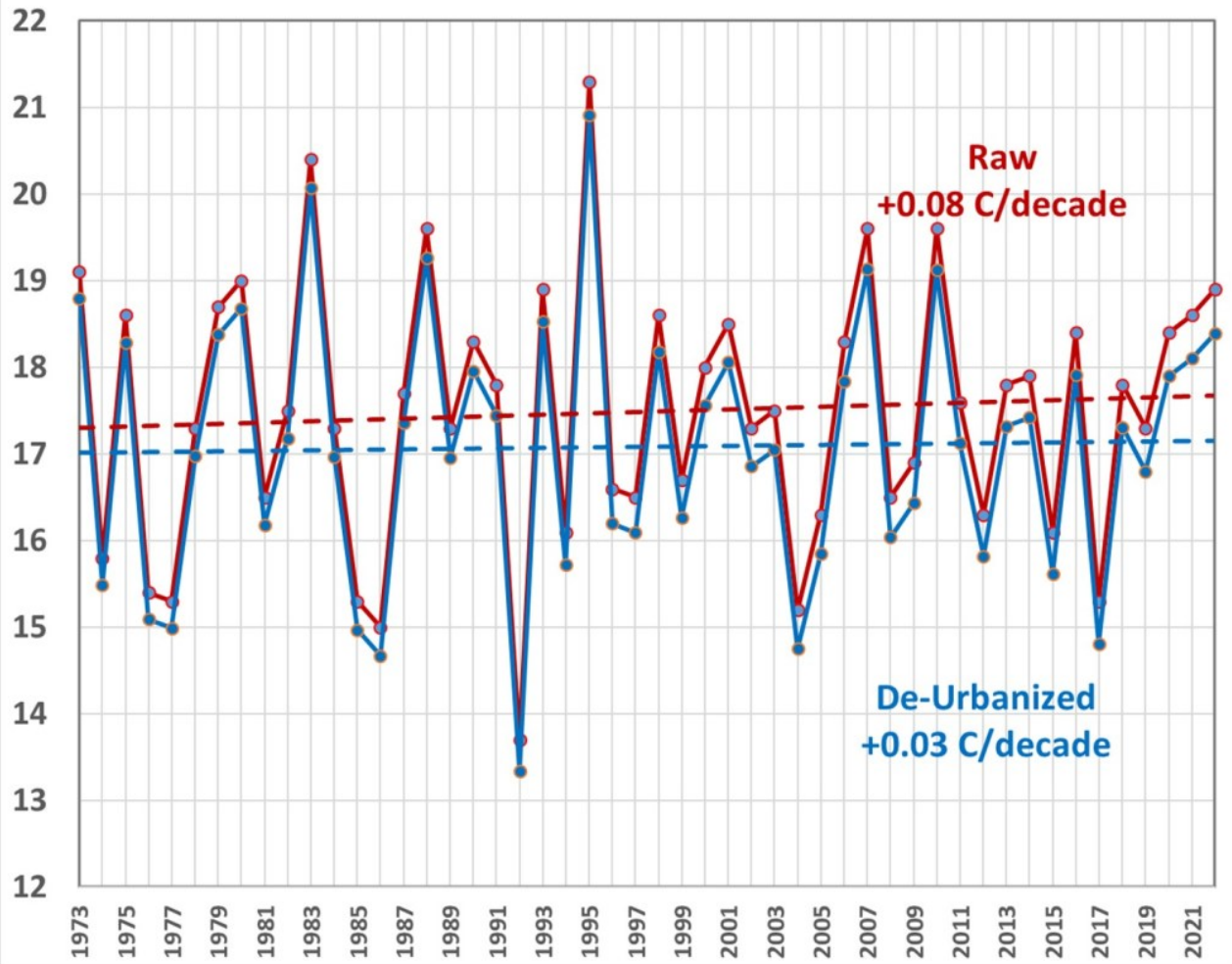


Abb. 8. Waterloo, IA, durchschnittliche August 09 UTC-Temperaturen, 1973-2022, aus stündlichen Rohmessungen und nach Landsat-basierter de-urbanisierter Anpassung.

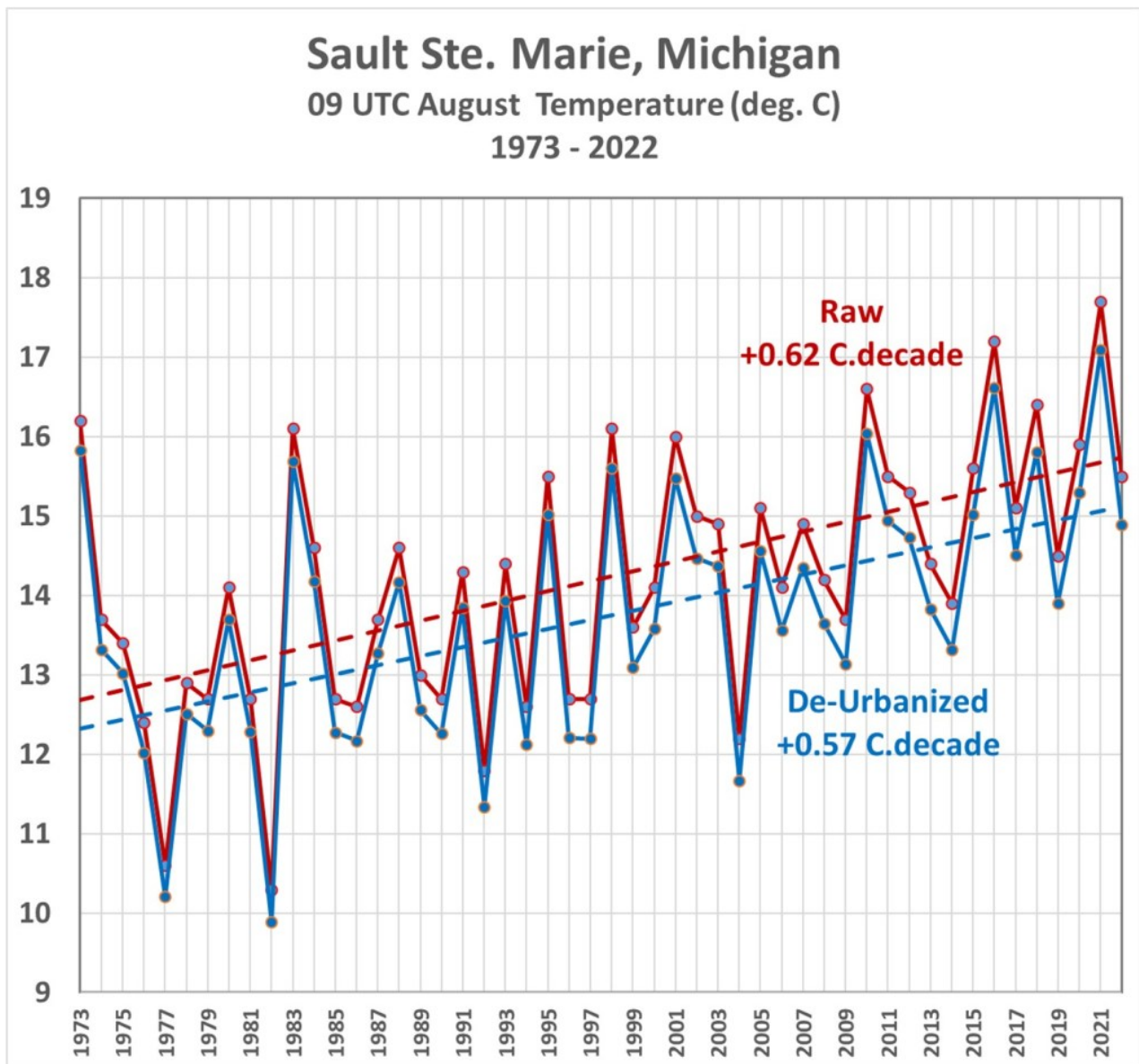


Abb. 9. Sault Ste. Marie, MI, durchschnittliche August 09 UTC-Temperaturen, 1973-2022, aus stündlichen Rohmessungen und nach Landsat-basierter de-urbanisierter Anpassung.

(Nebenbei bemerkt: Während meines Studiums der Atmosphären- und Ozeanwissenschaften an der University of Michigan arbeitete ich im Sommer im Wetteramt von Sault und führte 1977-1979 einige der in Abb. 9 gezeigten Temperaturmessungen selbst durch).

### Wie sehen diese Trends im Vergleich zu den offiziellen NOAA-Daten aus?

Die landesweiten Durchschnittstemperaturen von der [NOAA-Website](#) Climate at a Glance wurden mit den entsprechenden hier berechneten landesweiten Durchschnittswerten verglichen. Sehen wir uns zunächst an, wie die rohen

ISD-Trends im Vergleich zu den NOAA-bereinigten Daten aussehen (Abb. 10):

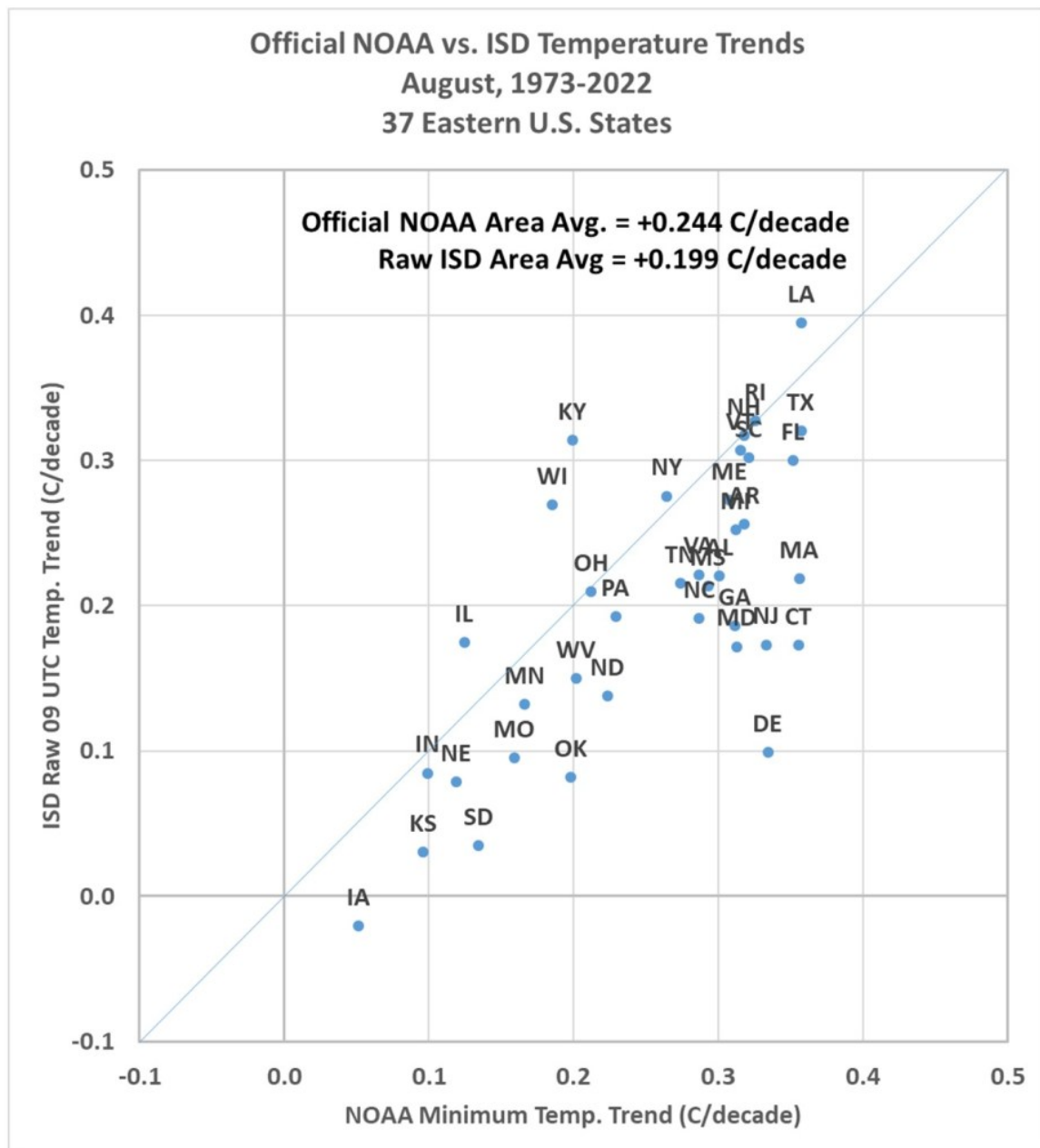


Abb. 10. Landesweite durchschnittliche August-Temperaturtrends, 1973-2022, aus offiziellen NOAA-bereinigten Daten im Vergleich zu den nicht bereinigten stündlichen Temperaturen um 09 UTC.

Man beachte, dass die offiziellen NOAA-Temperaturen einen höheren Durchschnittstrend aufweisen als die ISD-Rohdaten (es handelt sich um weitgehend unabhängige Datenquellen): +0,244 C/Dekade vs. +0,199 C/Dekade. **Sobald das Verfahren der De-urbanisierung auf die einzelnen ISD-Stationen angewandt wird, zeigen die Ergebnisse einen durchschnittlichen Trend, der um 50% unter dem des offiziellen NOAA-Produkts liegt (Abb. 11).**

[Hervorhebung im Original]

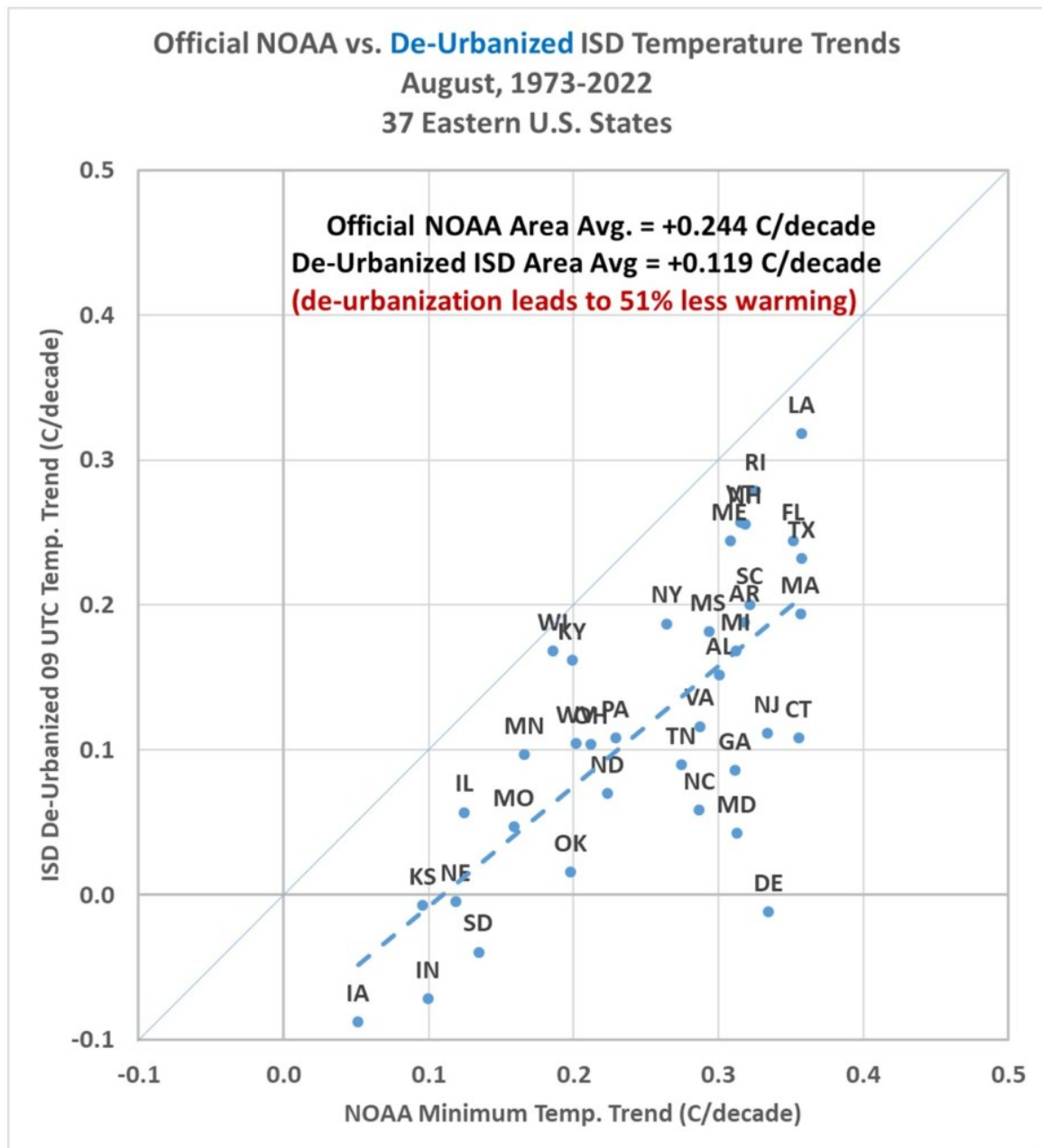


Abb. 11. Wie in Abb. 10, jedoch nach De-urbanisierung der ISD 09 UTC Temperaturen und Trends neu berechnet.

## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Ich könnte noch viel mehr zeigen, aber nach der bisherigen Analyse bin ich der Meinung, dass der Landsat-basierte „Built-Up“-Datensatz (Urbanisierung), der bis in die 1970er Jahre zurückreicht, für die „De-urbanisierung“ landbasierter Temperaturdatensätze sowohl in den USA als auch in anderen Ländern nützlich sein wird. Die hier skizzierte Methodik ist einfach und die Regressionsstatistiken sind robust (die Regressionskoeffizienten sind alle signifikant, auf dem 3-Sigma-Niveau

oder besser).

Die Auswirkung der Verstädterung auf die Trends der Temperatur im August um 09 UTC (in der Nähe des Zeitpunkts der täglichen Tiefsttemperatur) führt zu einer Verringerung dieser Trends um 50 % in den letzten 50 Jahren. Nach einigen vorläufigen Untersuchungen der Daten aus anderen Monaten und Tageszeiten kann ich sagen, dass dies wahrscheinlich die Obergrenze der de-urbanisierten Anpassungen ist. Es ist also wahrscheinlich, dass die Trends der Tagestemperaturen in der Nähe des Tagesmaximums nicht annähernd um 50 % reduziert werden.

Angesichts der Tatsache, dass alle CMIP6-Klimamodelle für die Sommertemperaturen in den USA **größere** Trends als die NOAA-Beobachtungen ergeben, ist die Diskrepanz zwischen Klimamodellen und Beobachtungen sogar noch größer, als viele von uns derzeit vermuten. John Christy und ich sind der Meinung, dass es an der Zeit ist, einen neuen Datensatz für die Temperaturen zu erstellen, und das oben beschriebene Verfahren scheint ein gangbarer Weg zu diesem Ziel zu sein.

*This piece originally [appeared](#) at [DrRoySpencer.com](#) and has been republished here with permission.*

Link:

<https://cornwallalliance.org/2022/11/de-urbanization-of-surface-temperatures-with-the-landsat-based-built-up-dataset/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE