

Die Eignung von LANDSAT-TM Thermal-Nachtaufnahmen bei der Erstellung von Klimaeignungskarten

Wolfgang SULZER
Graz

1. Einleitung und Problemstellung

Satellitengestützte Thermalaufnahmen operieren meist in einem räumlichen Auflösungsbereich von über einem Kilometer. Die unterschiedlichen Satellitengenerationen von LANDSAT bieten die Möglichkeit, thermale Aufnahmen bis zu einer Auflösung von 120m bzw. 60m zu generieren. Ein wesentlicher Nachteil dabei ist die Aufnahmezeit über Mitteleuropa während des Vormittags, die aufgrund der Sonneneinstrahlung ein ungünstiges Thermalverhalten verursacht. Für klimatische Analysen wäre eine Aufnahme vor Sonnenaufgang optimal, denn die geländebedingten Unterschiede können so wesentlich besser dokumentiert werden als bei einer Tagesaufnahme. Nun besteht die Möglichkeit, einen sogenannten „Nightpass“ zu bestellen, bei dem LANDSAT Mitteleuropa ca. um 22.30 Uhr im Thermalbereich (Kanal 6) aufnimmt.

C. TRIEBNING-LÖFFLER (1992, 1993) hat sich mit der Analyse einer LANDSAT-TM 5 Thermalaufnahme (Tagaufnahme) eingehend beschäftigt und die Vor- und Nachteile dokumentiert. LANDSAT-TM Nachtaufnahmen haben u.a. H.-J. ROSNER (1993), E. PARLOW (1998, 2000), C. REICH (1999) vor allem für die Analyse städtischer Strukturen eingesetzt. Der vorliegende Beitrag soll die Möglichkeiten der Einbindung von LANDSAT-TM Thermalnachtaufnahmen bei der Erstellung von Klimaeignungskarten am Beispiel des Ennstales dokumentieren. Bilddaten von NOAA bzw. METEOSAT wären wegen ihrer höheren zeitlichen Auflösung besser geeignet, besitzen jedoch eine wesentlich geringere räumliche Auflösung.

2. Untersuchungsgebiet Ennstal

Für die Steiermark werden im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung digitale Klimaeignungskarten im Maßstab 1:50.000 erstellt. Umfangreiche Dokumentationen über die Erstellung und Inhalt/Legende der Klimaeignungskarten finden sich in R. LAZAR et al. (1994), E. KUNCIC und R. LAZAR (1997), T.A. BADER et al. (1993). Weiters sind digitale Versionen am GIS-Server der Steiermärkischen Landesregierung unter <http://www.gis.steiermark.at/> (2002) abrufbar.

Derzeit wird eine digitale Klimaeignungskarte für das Mittlere Ennstal (Obersteiermark) bearbeitet. Der Entwurf für die Basiskarte wurde freundlicherweise von der ARGE LÖSS zur Verfügung gestellt, um die Thermalstrukturen im Satellitenbild mit der Basiskarte vergleichen zu können.

3. Thermalaufnahme

Generell nimmt das LANDSAT-System Nachtaufnahmen nur bei vorangegangener Bestellung auf, was aufgrund der langen Vorlaufzeit (mehr als 1 Woche) immer wieder Probleme bei der Abschätzung der Witterungsentwicklung schafft. Ein Beobachtungsfenster (jeder 16. Tag nimmt LANDSAT das Gebiet auf) zu bekommen, das innerhalb einer voraussagbaren, länger anhaltenden und stabilen Strahlungswetterlage liegt, kann mitunter schwierig sein.

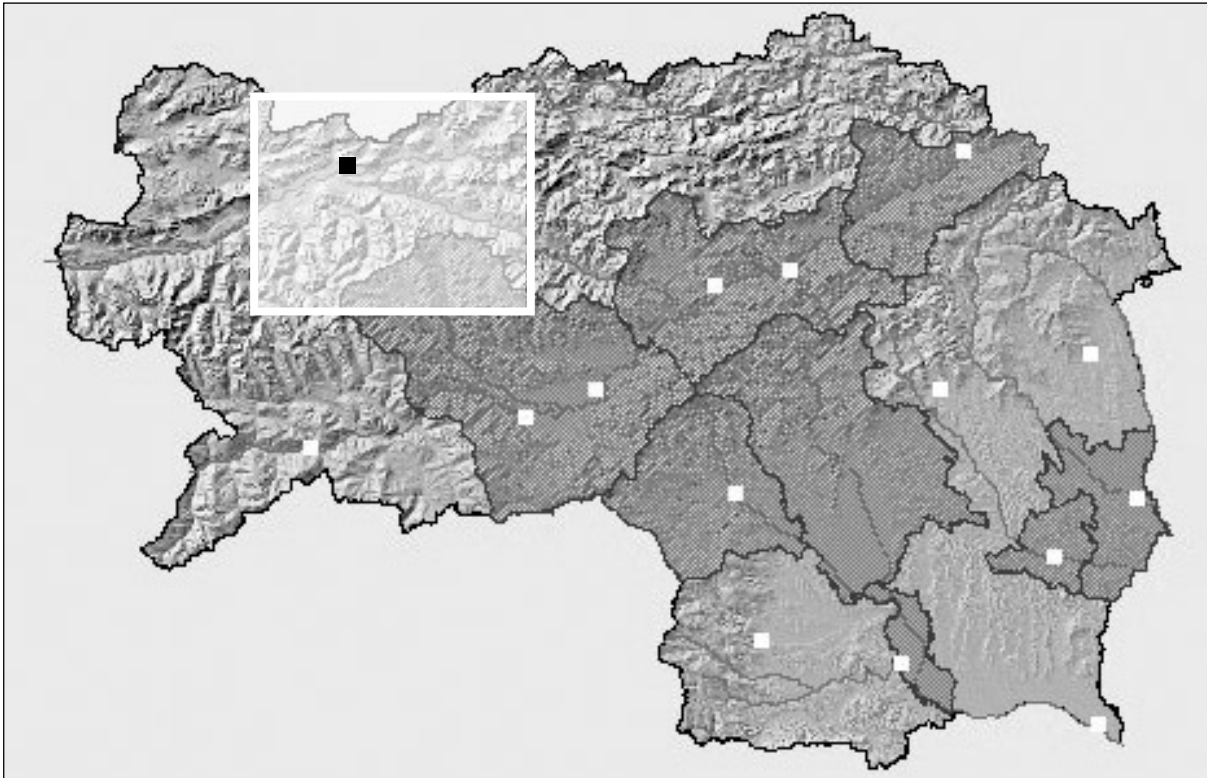


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes und verfügbare digitale Klimaeignungskarten der Steiermark (Stand 2002
Quelle: <http://www.gis.steiermark.at/>)

Die vorliegende Szene wurde am 9. Oktober 1986 aufgenommen. Die nördlich angrenzende Szene (Oberösterreichischer Zentralraum), die sehr gute Witterungsbedingungen zeigt, wurde von C. REICH (1999) im Rahmen einer Analyse des Linzer Großraumes verwendet. Die Witterungsverhältnisse bei der Aufnahme der hier vorliegenden Szene waren nicht optimal, da südlich der Mur-Mürz-Furche bzw. des Steirischen Randgebirges bis etwa an eine Obergrenze von 1500m Hochnebel ersichtlich ist. Im Bereich des Mittleren Ennstales hingegen herrschen gute Aufnahmeverhältnisse (vgl. Abb. 2), die Wetterlage war zum Aufnahmezeitpunkt nördlich des Alpenhauptkammes gradientschwach. Die vorliegende Satellitenbildszene entspricht einer Ausdehnung von 185x185km bei einer Bodenauf Auflösung von 120x120m und deckt ein Gebiet vom Nördlichen Alpenvorland bis zur Staatsgrenze zu Slowenien im Süden ab. Der Thermalkanal 6 von LANDSAT-TM operiert im Spektralbereich von 10,4 – 12,5 μm .

Die Szene wurde mittels Passpunkten in der Topographischen Karte bzw. eines digitalen Höhenmodells geokodiert. Auf eine radiometrische Korrektur bzw. auf eine Umrechnung von Strahlungstemperatur in Oberflächentemperatur wurde aus folgenden Gründen verzichtet:

- langer Zeitraum zwischen Bearbeitung und Aufnahmezeitpunkt (16 Jahre) und somit
- ungenügende Kenntnis über den Zustand der Atmosphäre während der Aufnahme,
- keine begleitenden Geländekampagnen zum Aufnahmezeitpunkt,
- für das Untersuchungsgebiet sind keine gravierenden atmosphärischen Beeinträchtigungen (Nebel/Dunst) ersichtlich,
- keine verfügbaren spektralen Strahlungswerte für komplexe Oberflächen,
- es existiert keine „perfekte“ Umrechnungsformel von Strahlungstemperaturen in Oberflächentemperaturen,
- Oberflächentemperaturen sind nicht unbedingt notwendig, da relative Werte (Grauwerte) für eine Analyse (Verteilung der Temperaturmuster) ausreichend sind,
- Thermalstrukturen in Fernerkundungsbilddaten sind Momentaufnahmen, die nur die Temperatur während des Aufnahmezeitpunktes (22.30 Uhr) repräsentieren.

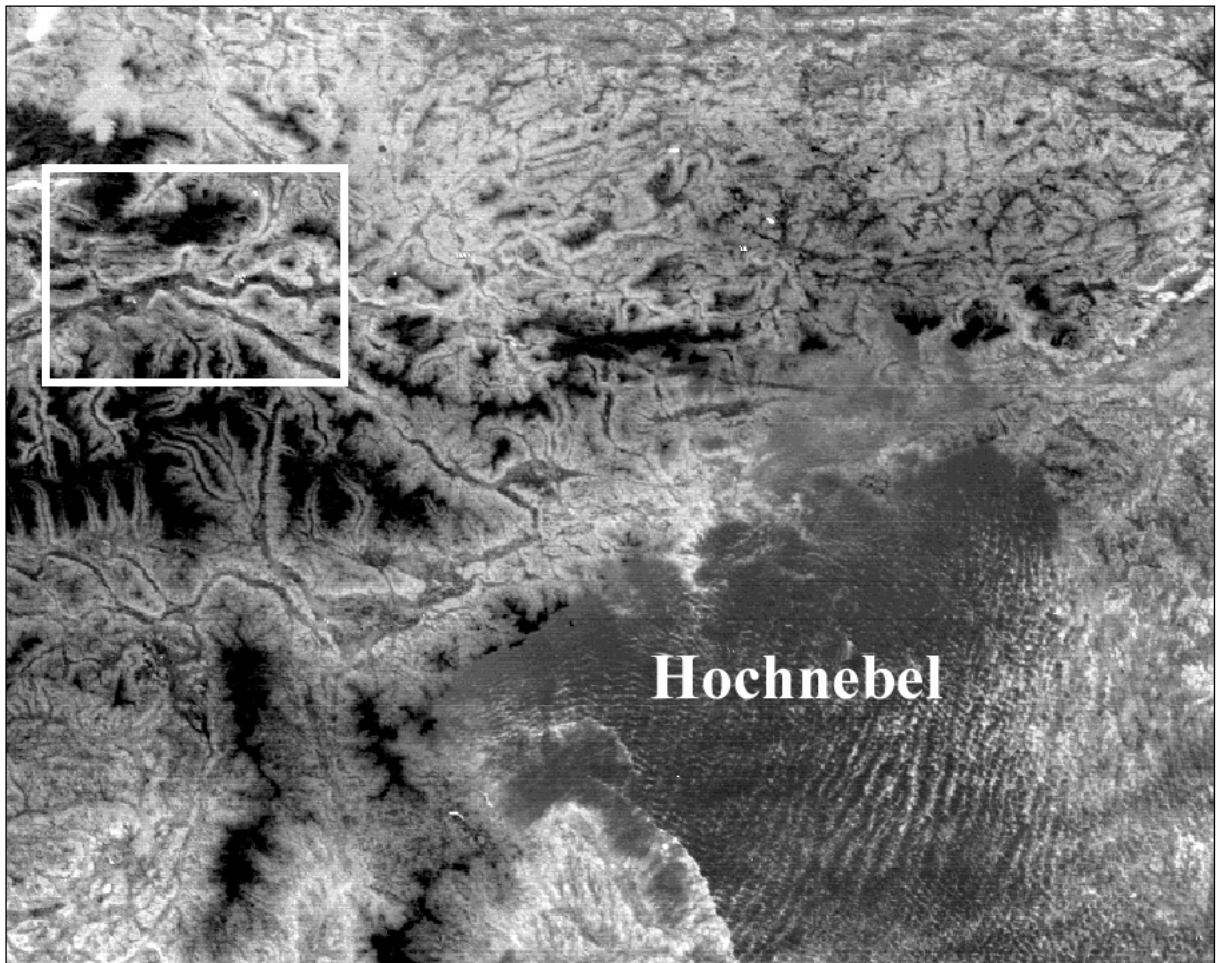


Abb. 2: Thermalaufnahme vom 9. Oktober 1986 mit Untersuchungsgebiet

Visualisierung von Thermalstrukturen

Schon eine vergleichende Darstellung des geocodierten Ausschnittes des Untersuchungsgebietes mit dem digitalen Höhenmodell zeigt die Grundcharakteristik der Temperaturmuster alpiner Täler mit relativ kalten Talböden und wärmeren Hangbereichen (Temperaturinversion). Die höheren Hang- und Gipfellagen zeigen wiederum ein deutlich kälteres Temperaturverhalten, da letztere vor allem von der freien Atmosphäre maßgeblich beeinflusst werden. Abb. 3 zeigt einen Vergleich der Grauwerte Verteilung im Thermalbild (oben) mit der Geländeinformation (unten).

Bei einer näheren Betrachtung etwa des Talbodens spiegelt sich im Thermalbild die unterschiedliche Bodenbedeckung bzw. die Formenwelt des Ennstales wider. Deutlich sind auch die systembedingten Scan-Zeilen und deren „Rauschen“ zu erkennen, die wiederum eine leichtere Interpretierbarkeit und die Analyse der Daten beeinträchtigen. Nördlich der Mautstation der Phyrnautobahn sind entlang einer Aufnahmezeile helle Punkte erkennbar, die durch Fehler im Aufnahmesystem hervorgerufen wurden. Diese hellen Punkte wiederholen sich in einem bestimmten Abstand entlang der Aufnahmezeile. Die deutlich zur Umgebung wärmeren Seen (z. B. der Putterersee) treten markant in Erscheinung. Die panchromatische LANDSAT-TM Szene dokumentiert im Vergleich dazu die Bodenbedeckung im Untersuchungszeitraum. Die panchromatische Aufnahme stammt vom LANDSAT-7 ETM-System aus dem Jahre 2000. Da sich im regionalen Rahmen nicht sehr viel (Verbauung) gegenüber dem Jahre 1986 verändert hat (Ausnahme: Bereich um Liezen, kleinere Siedlungserweiterungen im Ennstal und Seitentäler, etc.), kann die neuere Aufnahme durchaus als grober Vergleich herangenommen werden. Eine ältere LANDSAT-Aufnahme ist leider für das Untersuchungsgebiet nicht verfügbar.

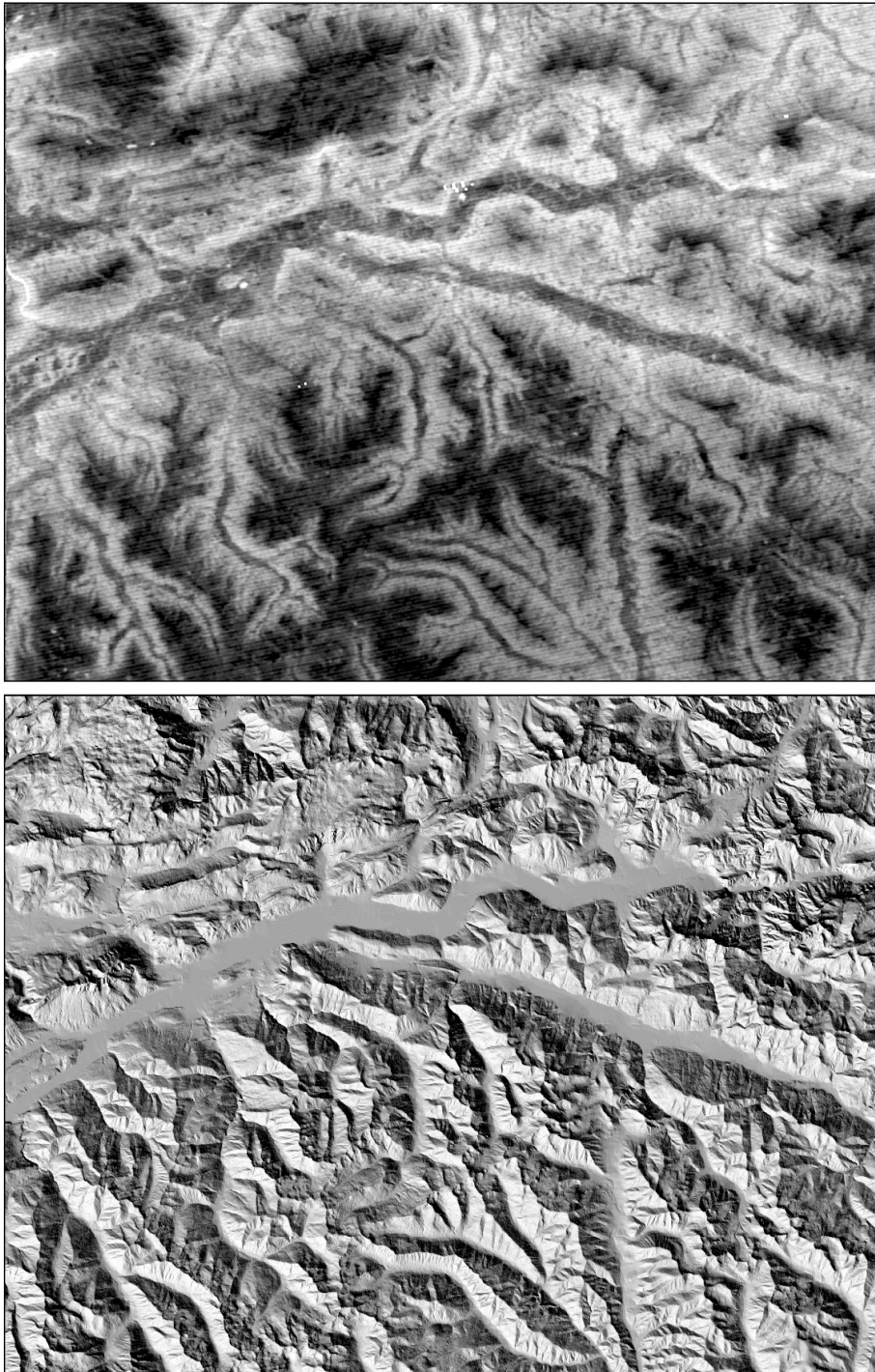


Abb. 3: Thermalaufnahme (oben) und eine Schummerungskarte (unten) im Vergleich

Noch deutlicher zeigen sich die Inversionsstrukturen in einer perspektivischen Ansicht (Abb. 5), bei der über das Höhenmodell das Thermalbild dargestellt wird. Die dunkelsten Talbereiche sind kalte Mooregebiete bzw. nasse Wiesen. Am rechten Bildrand liegt Weissenbach, das auf einem wärmeren Schwemmkegel über dem kalten Talboden der Enns liegt (hellere Grauwerte). Zusätzlich zeigt die geschlossene Siedlungsstruktur eine Überwärmung, die sich positiv auf die Temperaturverteilung auswirkt. Ausgeprägter sind diese Strukturen in Liezen (am unteren Rand der Abbildung, bzw. in Abb. 3) zu erkennen.

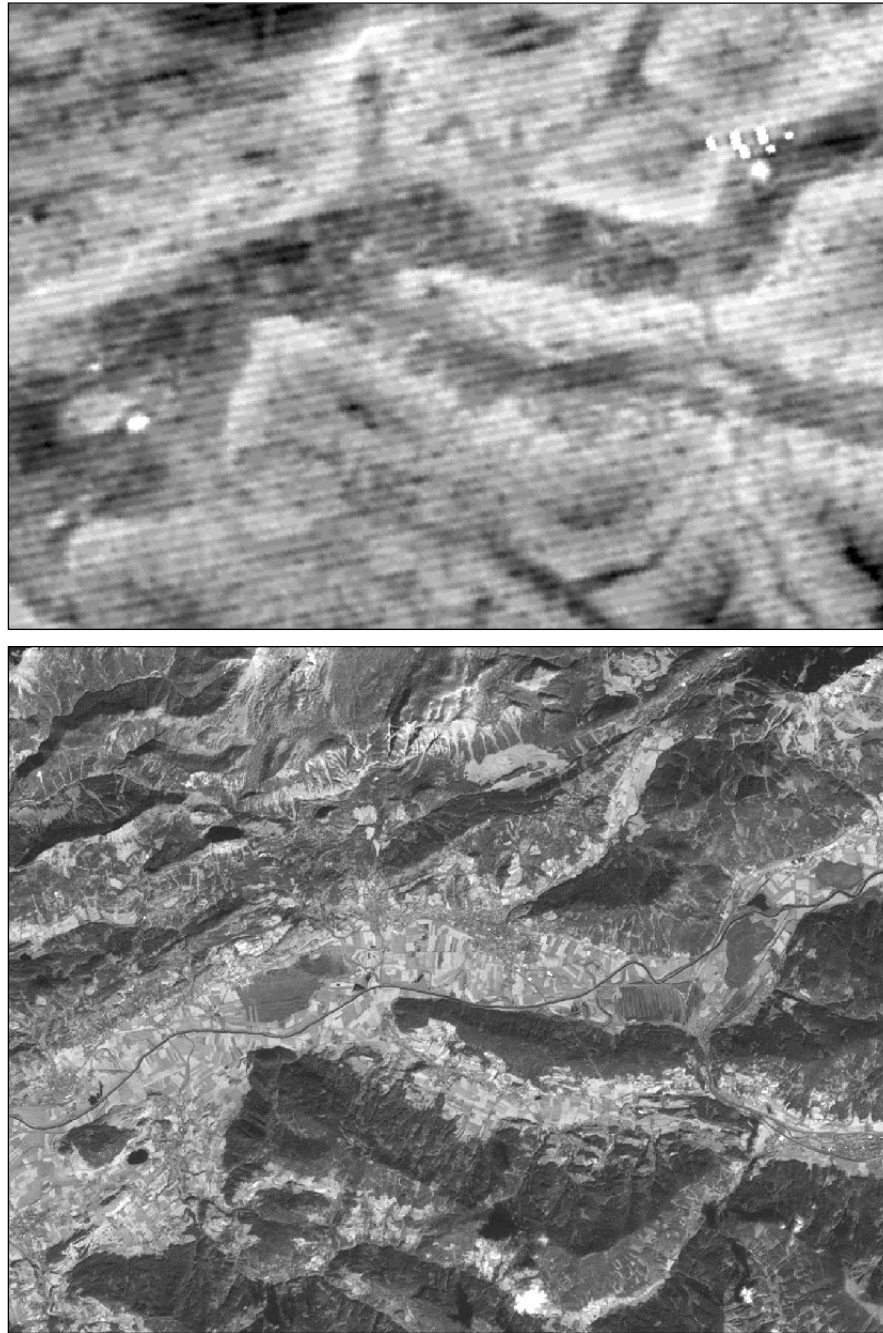


Abb. 4: Ausschnittsvergrößerung (Mittleres Ennstal) des Thermalbildes (oben) und LANDSAT 7 ETM (Pan, unten)

Nun ist es interessant, die Thermalstrukturen mit den analog generierten Klimatopabgrenzungen zu vergleichen. Zu diesem Zweck wurden die Thermalbilder digital bearbeitet, wobei mehrere Methoden erprobt wurden. Einerseits wurden die Bilder mit Filteroperationen (u.a. Lowpassfilter) verändert, um das Rauschen im Bild zu minimieren und eine Generalisierung zu erreichen, andererseits wurde eine unüberwachte Klassifikation für eine Clusterbildung angewandt. An beiden Endergebnissen wurde anschließend eine Raster-Vektor-Konvertierung durchgeführt, um eine „Isothermenkarte“ (in diesem Falle der Pixelgrauwerte) zu erhalten, die schließlich mit denen in der Klimaeignungskarte (Basiskarte) dargestellten Klimatopen verglichen werden kann. In Abb. 6 wurde das klassifizierte (10 Klassen) Thermalbild mit der Klimatopkarte überlagert. Aus Darstellungsgründen werden die Polygone der Klimatope nur als

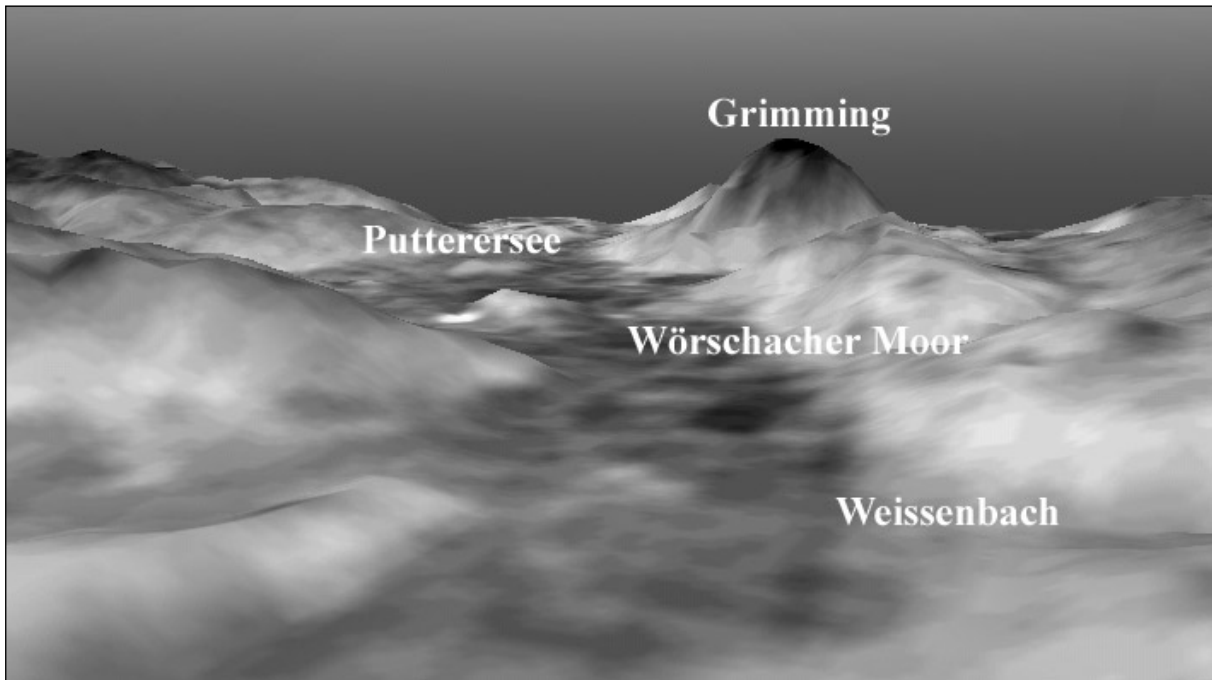


Abb. 5: Blick über das mittlere Ennstal in Richtung Westen zum Grimming (2351m)

Begrenzungslinien angezeigt, um eine bessere Vergleichsmöglichkeit zu erreichen. Dabei fällt auf, dass am Talboden eine bessere Differenzierung (aufgrund der Temperaturunterschiede) einzelner Abschnitte möglich ist als dies in der Klimatopkarte der Fall ist. In den wärmeren Hangbereichen hingegen zeigt sich im Thermalbild eine geringere Differenzierungsmöglichkeit; die kalten Seitentalabschnitte decken sich recht gut in beiden Darstellungen.

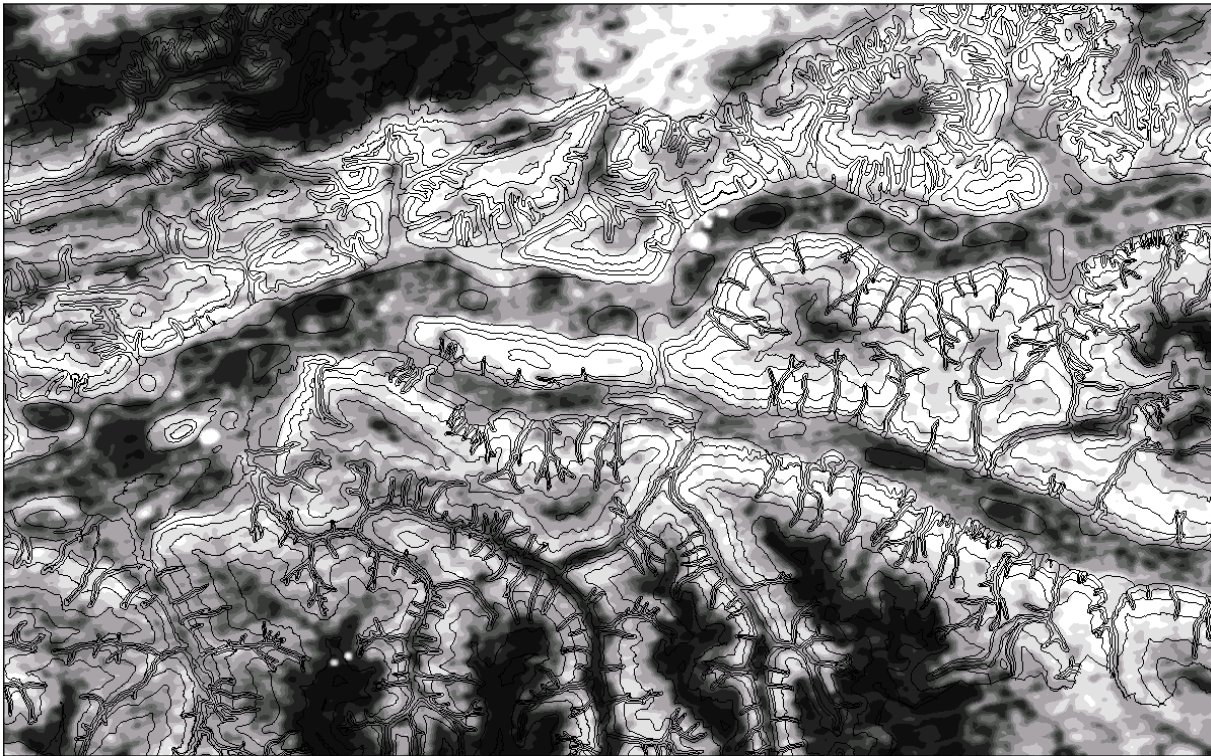


Abb. 6: Klimatope (Grenzlinien) der Klimaeignungskarte und klassifiziertes Thermalbild (hell: warm, dunkel: kalt)

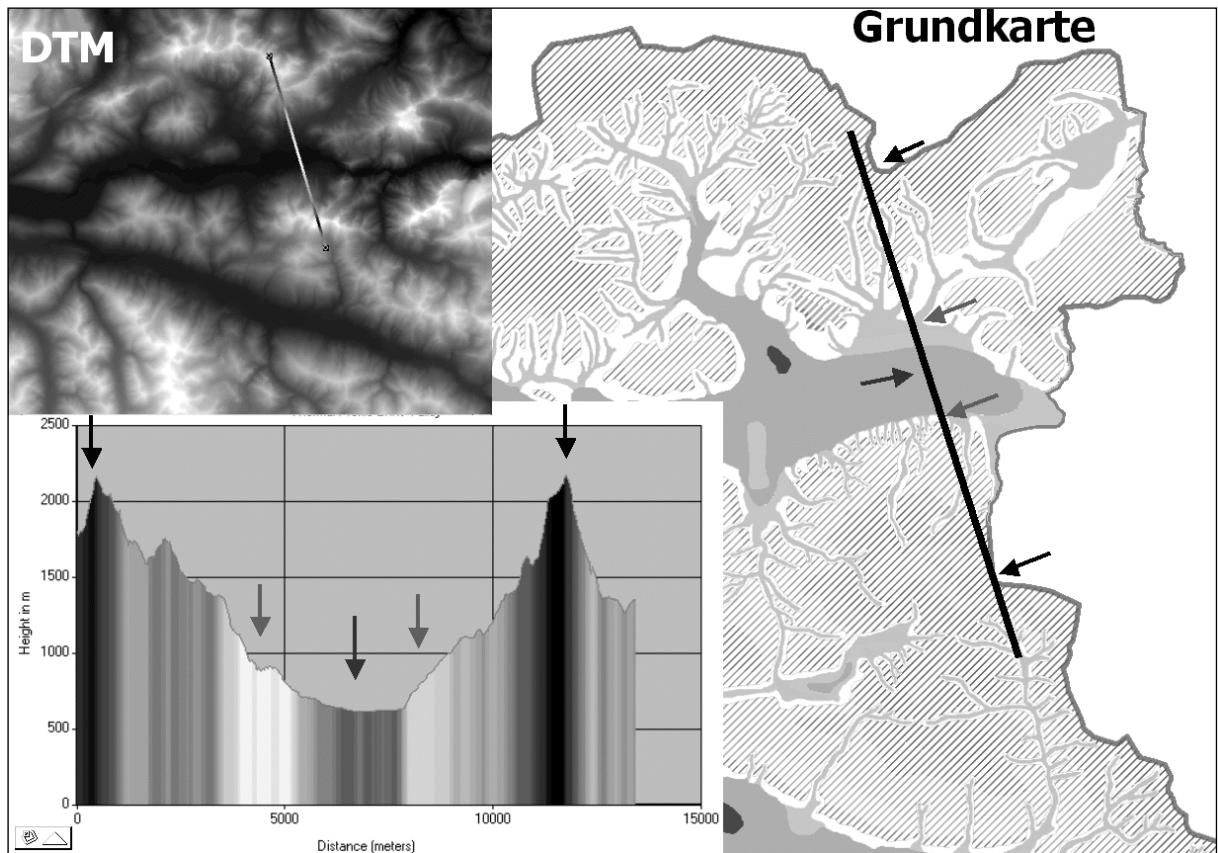


Abb. 7: Thermales Profil

Abb. 7 zeigt ein thermales Profil durch das östliche Untersuchungsgebiet (Admonter Becken). Auch hier zeigt sich im Profil (zwischen Reichenstein 2252m und Hexenturm 2172m) eine gute Übereinstimmung der Temperaturverteilung (Grauwerte im Profiltteil) mit der Abgrenzung der Klimatope.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Nachtaufnahme des Thermalkanals (6) ermöglicht eine flächendeckende Analyse der Thermalstrukturen des Untersuchungsgebietes und unterstützt somit die Erstellung einer klimatologischen Basiskarte, in der u.a. die nächtliche Temperaturverteilung (kombiniert mit anderen Parametern wie Frost- und Inversionsgefährdung) dargestellt wird.

Der Einsatz von nächtlichen Thermaltaufnahmen von LANDSAT zeigt folgende Vorteile:

- rasche Analyse der relativen Temperaturverteilung im Untersuchungsgebiet
- vollständige Abdeckung des Untersuchungsgebietes gegenüber den herkömmlich linearen Geländemesskampagnen
- Kartierungsgrundlage für die Abgrenzung von Klimatopen
- gute Differenzierung innerhalb der bestehenden Klimatope
- dokumentiert sehr gut den Zusammenhang zwischen Bodenbedeckung und Thermalstruktur
- Aufnahme des gesamten Gebietes zu „einem“ Zeitpunkt
- Möglichkeit zur Verifikation von Geländemessfahrten
- Möglichkeit kombinierter Analysen (z.B. unter Einbindung eines digitalen Geländemodells, digitaler Bodenbedeckungskarten, etc.)
- Kartierung im Planungsmaßstab 1:50.000.

Dieser Beitrag soll einen Anreiz bieten, für regionale Aufgabenstellung im Bereich von Klimaeignungskarten thermale Nachtaufnahmen (LANDSAT) verstärkt einzusetzen. Vor allem bei der Abgrenzung von Klimatopen zeigen sich die Thermaldaten als sehr hilfreich und setzen den enormen Vorteil der flächendeckenden Aufnahme (vom Talboden bis zu den entlegendsten Gipfelbereichen) während eines einzigen Aufnahmezeitpunktes gegenüber von Geländemesskampagnen um. Es zeigt sich, dass schon einfache Bearbeitungsschritte für eine Analyse und Hilfestellung bei der Erarbeitung von Klimaeignungskarten ausreichen. Mit der Verfügbarkeit von Nachtaufnahmen mit einer räumlichen Auflösung von 60m (LANDSAT 7 ETM) seit dem Jahre 1999 können detailliertere Thermalstrukturen, die z.B. für eine bessere Differenzierung innerhalb von Siedlungen von Vorteil sind, analysiert werden, was ihre Nutzbarkeit für der Erstellung von Klimaeignungskarten noch erhöht.

Literatur

BADER, Th. A., BRAUN, N., Kuncic, E., LAZAR, R., SULZER, W., 1993: Geländeklimatologische Untersuchungen in der Steiermark. In: Wetter und Leben, Heft 3/93, 45-51.

BARTOLUCCI, L.A., CHANG, M., ANUTA, P.E., GRAVES, M.R., 1988: Atmospheric effects on Landsat-TM – thermal infrared data. IN: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 26, No. 2, 171-176.

LAZAR, R. 1991: Stadtklimaanalyse Graz und ihre Bedeutung für die Stadtplanung. In Arbeiten des Geographischen Institutes Graz, Bd., 30, pp. 141-171.

LAZAR, R., BUCHROITHNER, M. F., KAUFMANN, V., 1994: Stadtklimaanalyse Graz. StekGraz des Magistrates Graz - Stadtplanungsamt, Graz, 163 S.

KUNCIC, E., LAZAR, R., 1997: Bisherige Erfahrungen mit Klimaeignungskarten. In: Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Karl-Franzens Universität Graz, Bd. 35, 139-152.

TRIEBNIG-LÖFFLER, C., 1992: Analyse einer Landsat 5-Thermalaufnahme der Mittelsteiermark (Österreich). Dissertation an der Karl-Franzens-Universität Graz, Graz, 154S.

PARLOW, E., 1998: Analyse von Stadtklima mit Methoden der Fernerkundung. In: Geographische Rundschau 50, H. 2, 89-93.

PARLOW, E., 2000: Remotely sensed heat fluxes of urban areas. In: de DEAR, R.J., KALMA, J.D., OKE, T.R. and AULICIEMS, A. (eds.): Biometeorology and urban climatology at the turn of the millennium - Selected papers from the conference ICB-ICUC'99, WMO/TD No. 1026, p. 523 - 528.

REICH, C., 1999: Ausgewählte Methoden der Fernerkundung und deren Anwendung auf Stadtklimaanalysen. Dissertation an der Karl-Franzens-Universität Graz, Graz, 214S.

ROSNER, H.J., 1993: Die Regionalisierung oberflächennaher Lufttemperaturen mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung. In: Salzburger Geographische Materialien, Heft 20, 239-248.

SULZER, W., 2002: Climatological Research and its Possible Contribution to Regional Planning in an Alpine Environment. In: K. W. STEFNINGER and H. WECK-HANNEMANN (eds.): Global Environmental Change in Alpine - Recognition, Impact, Adaptation and Mitigation Regions. Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, 288p.

Anschrift des Verfassers:

Mag.Dr. Wolfgang SULZER
Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz
Heinrichstraße 36
A-8010 Graz
e-mail: wolfgang.sulzer@uni-graz.at