BIODIVina

Gelände- und Mikroklima im Weinberg

Zusammengestellt von:
Dr. Barbara Köstner (LandCare gGmbH)

DAS-Projekt BIODIVina
Bildungsmodule zur Bedeutung der Biodiversität bei der Anpassung des Weinbaus an den Klimawandel
(67DAS149B)

Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen von
Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel
(Zuwendung aus dem EKF - Energie- und Klimafonds)

© BIODIVina 2021

Klima im Weinberg

Das Klima an einem Standort wir nicht nur von global und regional wirkenden Prozessen bestimmt, sondern auch von lokalen Gegebenheiten. Diese beziehen sich vor allem auf die Geländeform, auf große Gewässer und in der Landschaft vorherrschende Landnutzungstypen wie Wald, Ackerland oder Siedlungen.

Kleinräumig schaffen die Strukturen im Weinberg selbst ein eigenes Mikroklima. Dies entsteht durch den Wechsel von Licht und Schatten, durch windexponierte und -geschützte Lagen, Erwärmung und Abstrahlung von Strukturen und Verdunstung.

Geländeklima

Das lokale Klima von Weinbergen in Steillagen wird insbesondere von der Hangneigung und Exposition geprägt. Auch Talformen, Oberflächengewässer und die vorherrschende Landnutzung beeinflussen das Geländeklima.

Mikroklima

Die kleinräumig wechselnden Klimaverhältnisse, die durch den Einfluss belebter und unbelebter Strukturen entstehen, werden in der Ökologie Mikroklima genannt. Im Weinberg sind solche Strukturen zum Beispiel die Laubwand der Reben, Begleitpflanzen, Steinriegel und Trockenmauern.

Foto: © R. Achtziger

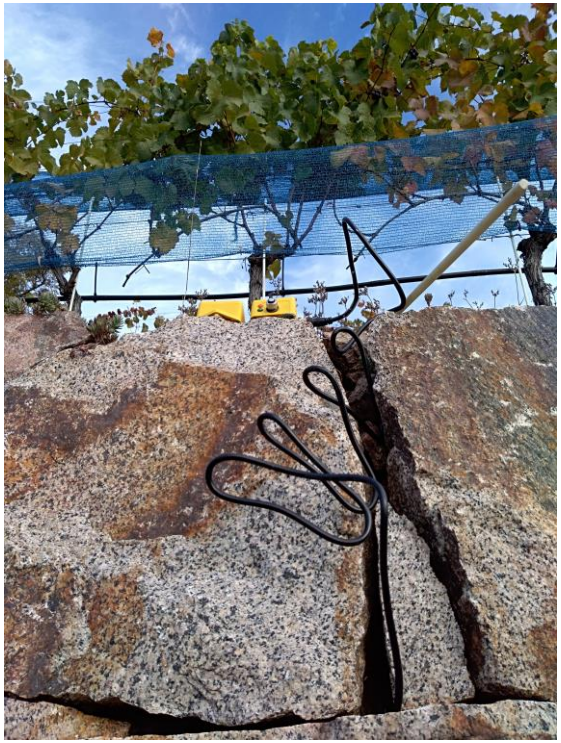
Klimaerfassung im Weinberg

Die Temperatur-, Feuchte- und Strahlungsverhältnisse, denen Reben oder andere Lebewesen im Weinberg ausgesetzt sind, können aufgrund der Effekt von Gelände- und Mikroklima deutlich von den Werten abweichen, die an standardisierten Klimastationen erfasst werden.

Lokale Ausprägung des Klimawandels

Die Wirkung des Klimawandels kann durch Gelände- und Mikroklima lokal verstärkt oder abgeschwächt sein. Es gilt, die Einflüsse von Gelände und Weinbergsstrukturen zur Minderung extremer Klimaverhältnisse zu nutzen.

Klimastation im Weinberg



Auch an einer Klimastation im Weinberg wird die Lufttemperatur standardmäßig belüftet und im Schatten gemessen. Zur Erfassung des Mikroklimas, wie es Pflanzen und Tiere erleben, werden ungeschützte Sensoren eingesetzt. Sie können z.B. auf Mauern oder in Mauerspalten plaziert werden.

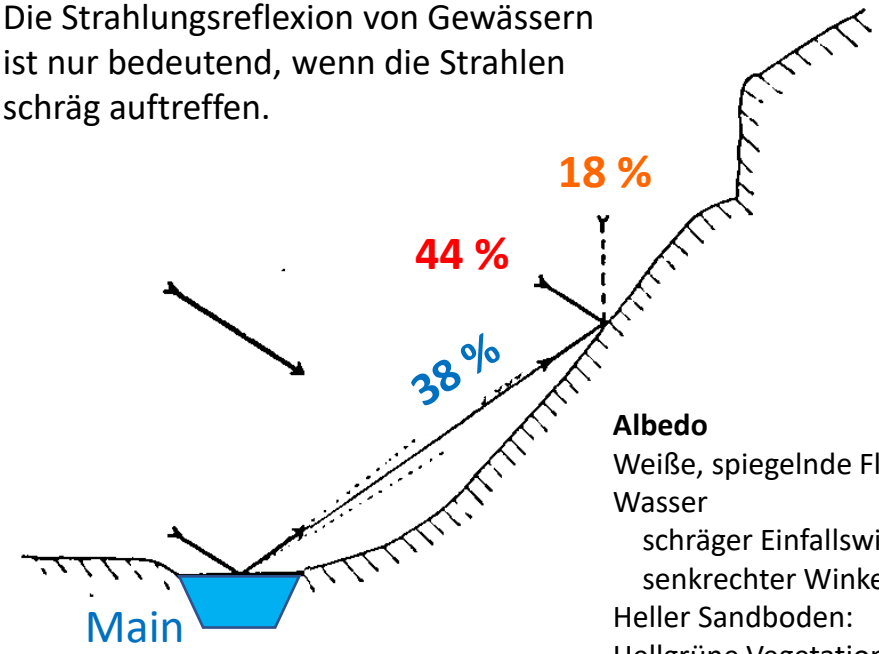
Messung von Temperatur und Luftfeuchte auf Mauern und in Mauerspaten

Fotos: © R. Achtziger, B. Köstner

Einstrahlung in Steillagen-Weinbergen

Breite Flusstäler führen zu hoher Einstrahlung am Hang und großen warmen Luftmassen. Für den Anteil der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR, Wellenlänge 300-700 nm) ist die reflektierte Strahlung der Umgebung genauso wichtig oder bedeutsamer als die senkrecht von oben eintreffende Strahlung.

Skizze zur Strahlungsverteilung des photosynthetisch aktiven Lichtes (PAR) an einer Steillage im Maintal nördl. von Würzburg (Volk 1934).
Die Strahlungsreflexion von Gewässern ist nur bedeutend, wenn die Strahlen schräg auftreffen.



Albedo

Weiße, spiegelnde Flächen:	0,8 - 1,0
Wasser	
schräger Einfallswinkel	0,10 - 1,0
senkrechter Winkel	0,03 - 0,1
Heller Sandboden:	0,2 - 0,45
Hellgrüne Vegetation:	0,15 - 0,3
Dunkelgrüne Vegetation:	0,05 - 0,2
Brauner Boden:	0,05 - 0,15
Dunkle Flächen, Asphalt:	0,02 - 0,1

nach Oke 1987

Hangneigung

Die Sonneneinstrahlung an einem Hang gehört zu den wichtigsten Faktoren des Geländeklimas. In höheren Breiten mit niedrigeren Einfallswinkeln der Sonnenstrahlen erhalten Steillagen die höchsten Strahlungswerte.

Reflexion an der Oberfläche

Ein generell für das Klima bedeutender Faktor sind die Reflexionseigenschaften der Oberflächen. Dunkle Flächen nehmen mehr Strahlungsenergie auf, die teils als langwellige Wärmestrahlung wieder emittiert wird. Helle Flächen erwärmen sich weniger und reflektieren einen größeren Teil der eintreffenden Strahlung. Diese kurzwellige Strahlung kann für die Photosynthese zusätzlich genutzt werden. Das Verhältnis von reflektierter zu eintreffender Strahlung nennt man **Albedo**.

Quelle: Volk,1934; Oke, 1987; s. a. Hoppmann et al. 2017

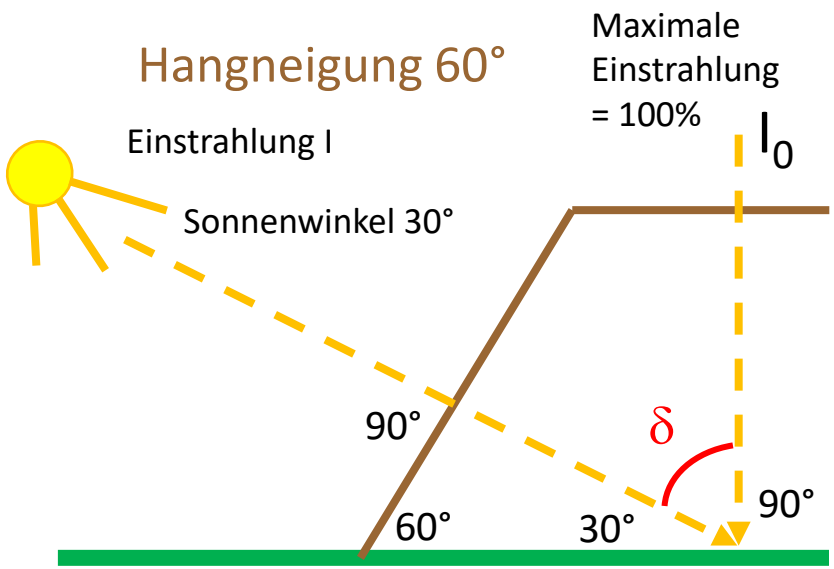
Einstrahlung in Steillagen-Weinbergen

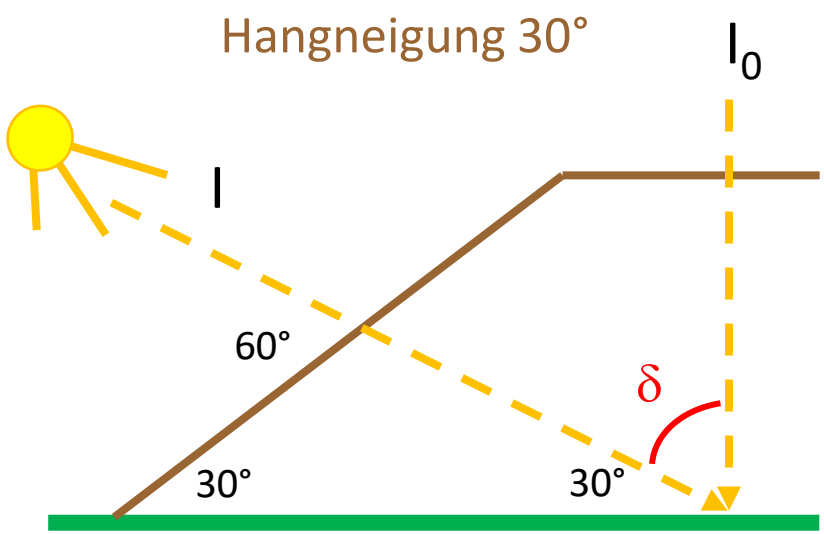
Der Einfluss der Hangneigung auf die Einstrahlung lässt sich mit dem LAMBERT´schen Cosinus-Gesetz vereinfacht abschätzen. Nicht berücksichtigt sind hier andere Einflussfaktoren wie Breitengrad und Tageslänge oder Trübung der Atmosphäre.

$$I = I_0 * \cos\delta$$

I = Einstrahlung auf die Fläche; I_0 = Maximale Einstrahlung bei Sonnenstand im Zenit (Äquator);

δ = Differenzwinkel zwischen maximaler Einstrahlung (Zenit, 90˚) und realem Einfallswinkel auf die (Hang-)Fläche. Zum Beispiel beträgt bei realem Einfallswinkel von 30˚ der Differenzwinkel (90 – 30) = 60˚





<u>Maximale theoretische Einstrahlung bei einem Sonnenwinkel von 30°:</u>

Einstrahlung auf Fläche mit 0° Neigung = 50 % von max. Einstrahlung I_0 (cos60 = 0,5)

Einstrahlung auf Hang mit 60° Neigung = 100% von max. Einstrahlung I_0 (cos0 = 1)

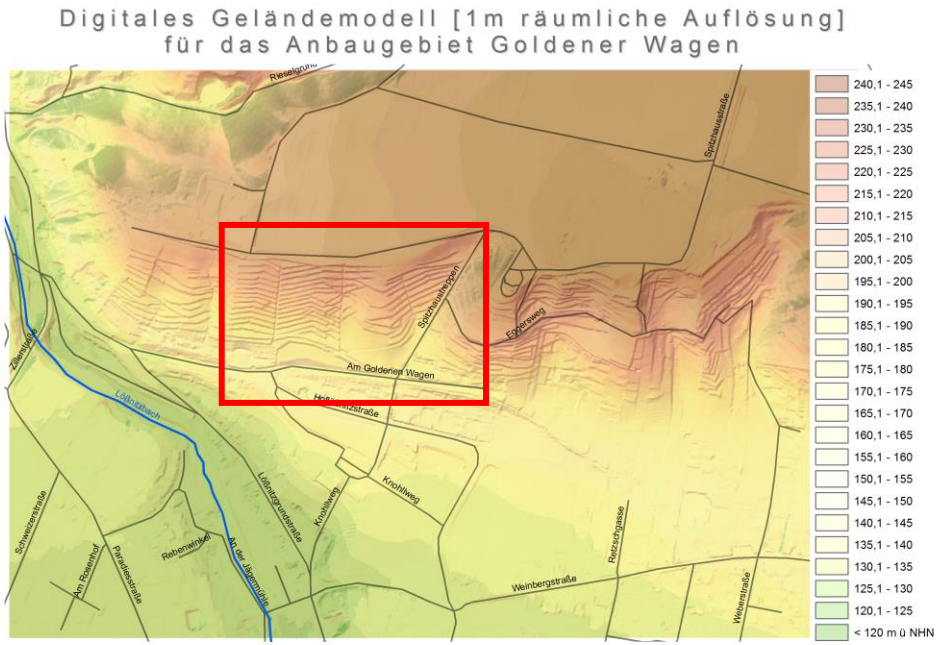
Einstrahlung auf Hang mit 30° Neigung = 87% von max. Einstrahlung I_0 (cos30 = 0,866)

Quelle: Eigene Darstellung; Bendix 2004

Geländeklima: Einstrahlung in Steillagen-Weinbergen

Mit Hilfe eines hochauflösenden digitalen Geländemodells lassen sich die Strahlungsbedingungen von einzelnen Lagen abschätzen.

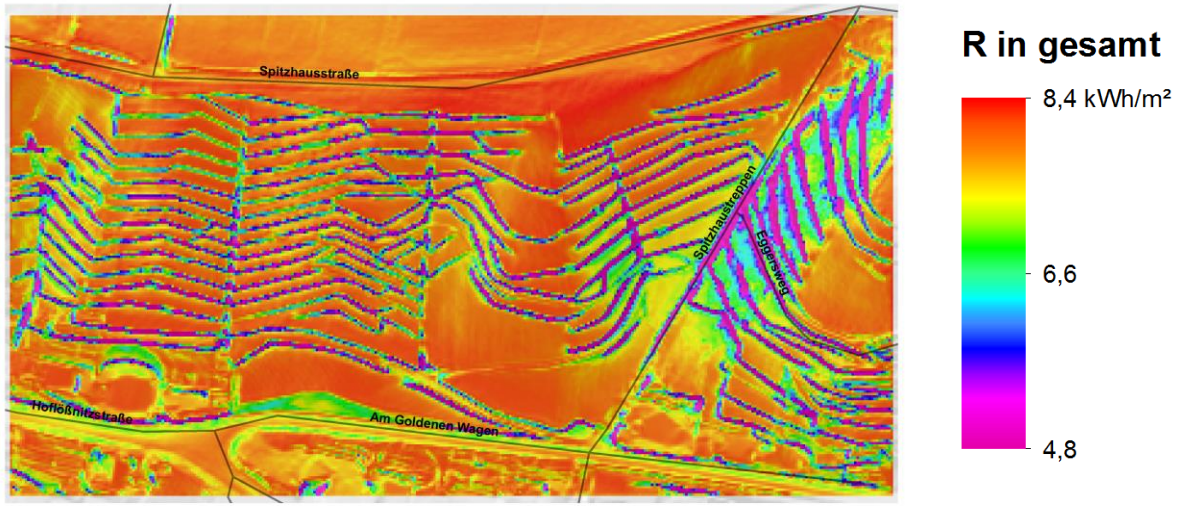
Beispiel: Goldener Wagen, Radebeul



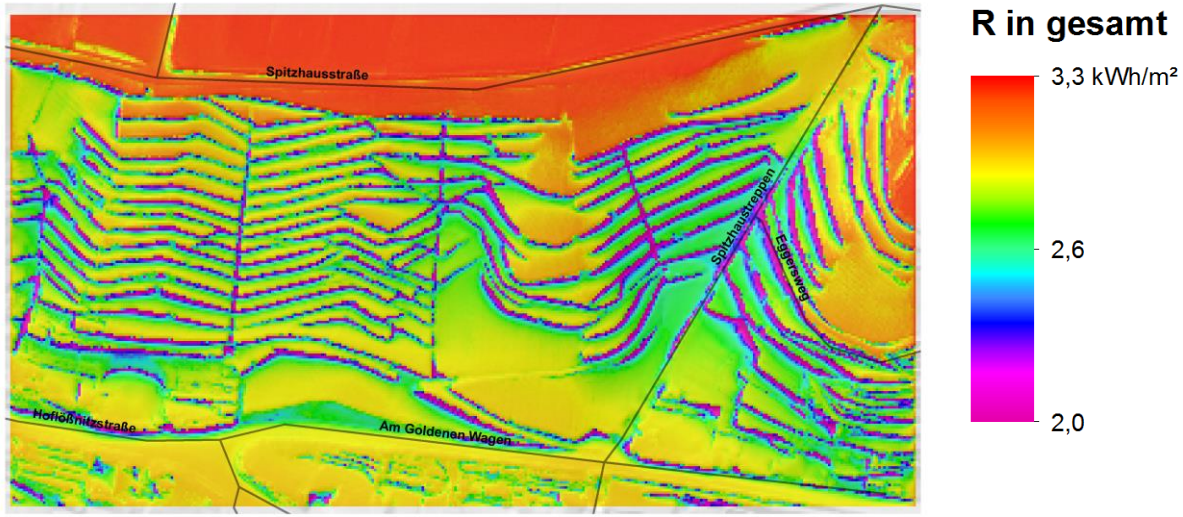
Quelle: Eigene Darstellung in ArcGIS; DGM 1m, GeoPortal Sachsen; Foto: © R. Achtziger

Einstrahlung in Steillagen-Weinbergen

Sonneneinstrahlung (direkt + diffus) [kWh/m²]
für die Lage Goldener Wagen am 21.06. für einen klaren Tag



Sonneneinstrahlung (direkt + diffus) [kWh/m²]
für die Lage Goldener Wagen am 21.06. für einen bedeckten Tag



Beispiel: Goldener Wagen, Radebeul

Vergleich der Strahlungsverhältnisse für einen klaren Tag (links) und für einen bedeckten Tag (lunten).

An einem klaren Tag im Juni ist die Gesamteinstrahlung (Globalstrahlung) um ca. das 2,5-fache höher als an einem bedeckten Tag. Der absolute Menge an diffuser Strahlung ist dagegen an bedeckten Tag etwas höher als an klaren Strahlungstagen.

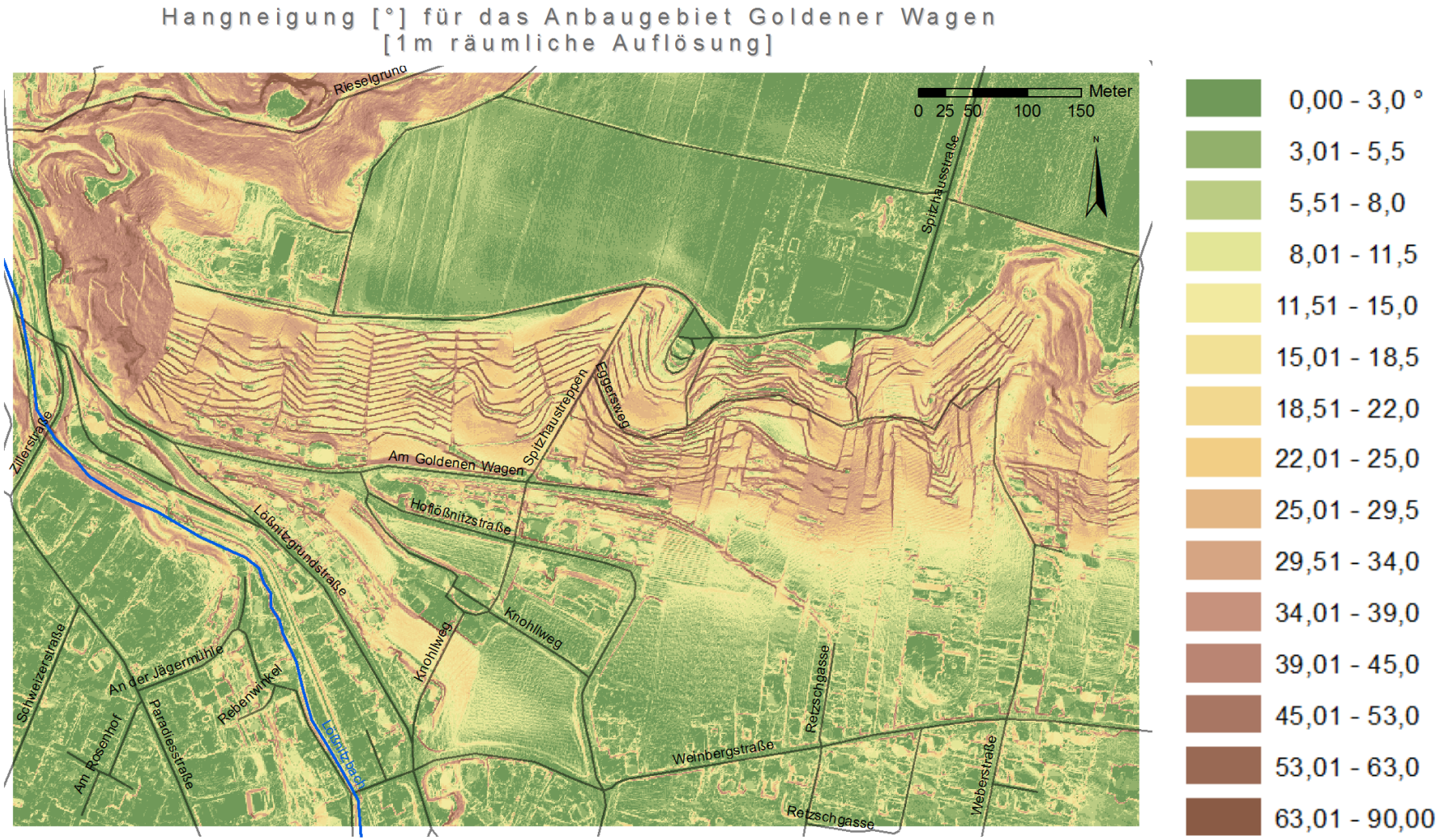
Hohe Anteile diffuser Strahlung haben für die Photosyntheseleistung der Reben durchaus Vorteile: Es treten keine harten Schatten auf und diffuse Strahlung dringt tiefer in die Laubwand ein (Halbschatteneffekt). Es herrscht kein Hitzestress, der Wasserbedarf der Reben ist geringer und die Wassernutzungseffizienz höher.

Die größeren Wärmemengen werden an klaren Tagen mit höherer Einstrahlung erreicht.

Quelle: Eigene Darstellung, Berechnung in ArcGIS; DGM 1m, GeoPortal Sachsen

Einstrahlung auf Lage Goldener Wagen

Digitales Geländemodell mit Hangneigung der Lage Goldener Wagen

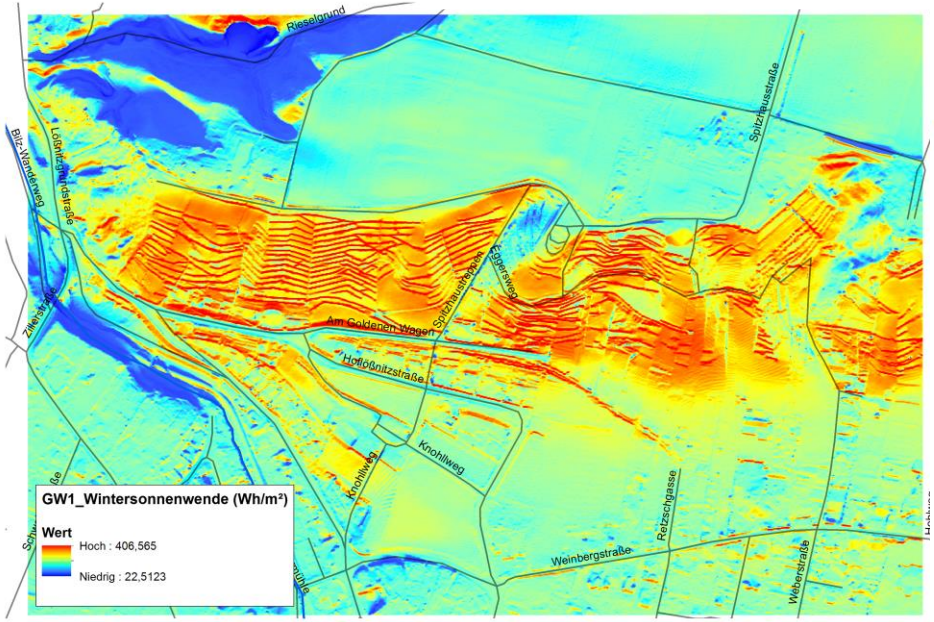


Quelle: Eigene Darstellung in ArcGIS; DGM 1m, GeoPortal Sachsen

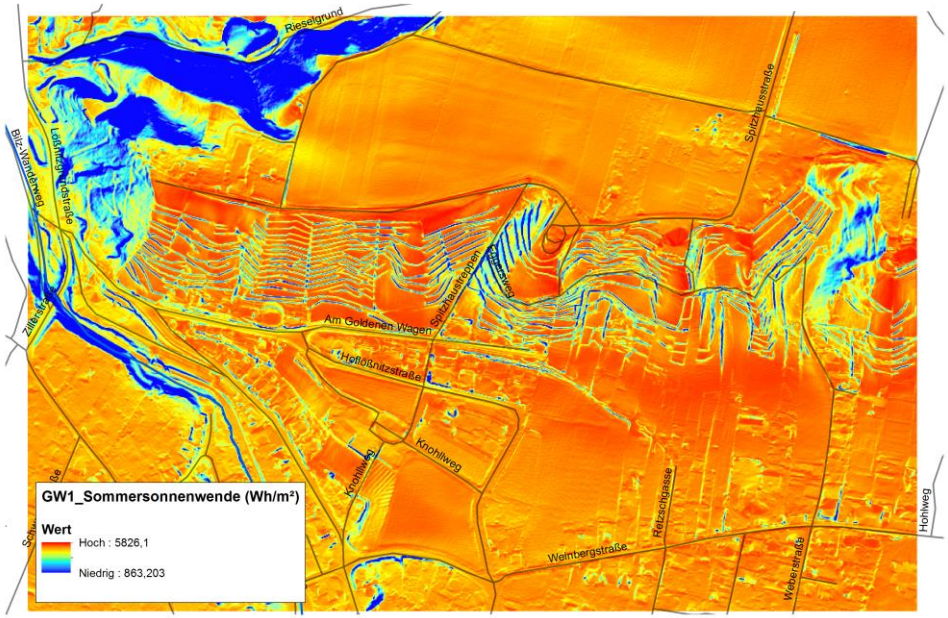
Einstrahlung auf Lage Goldener Wagen

Potenzielle Einstrahlung der Lage Goldener Wagen im Vergleich zur Umgebung

Zeitpunkt der Wintersonnenwende am 22.12.



Zeitpunkt der Sommersonnenwende am 21.06.

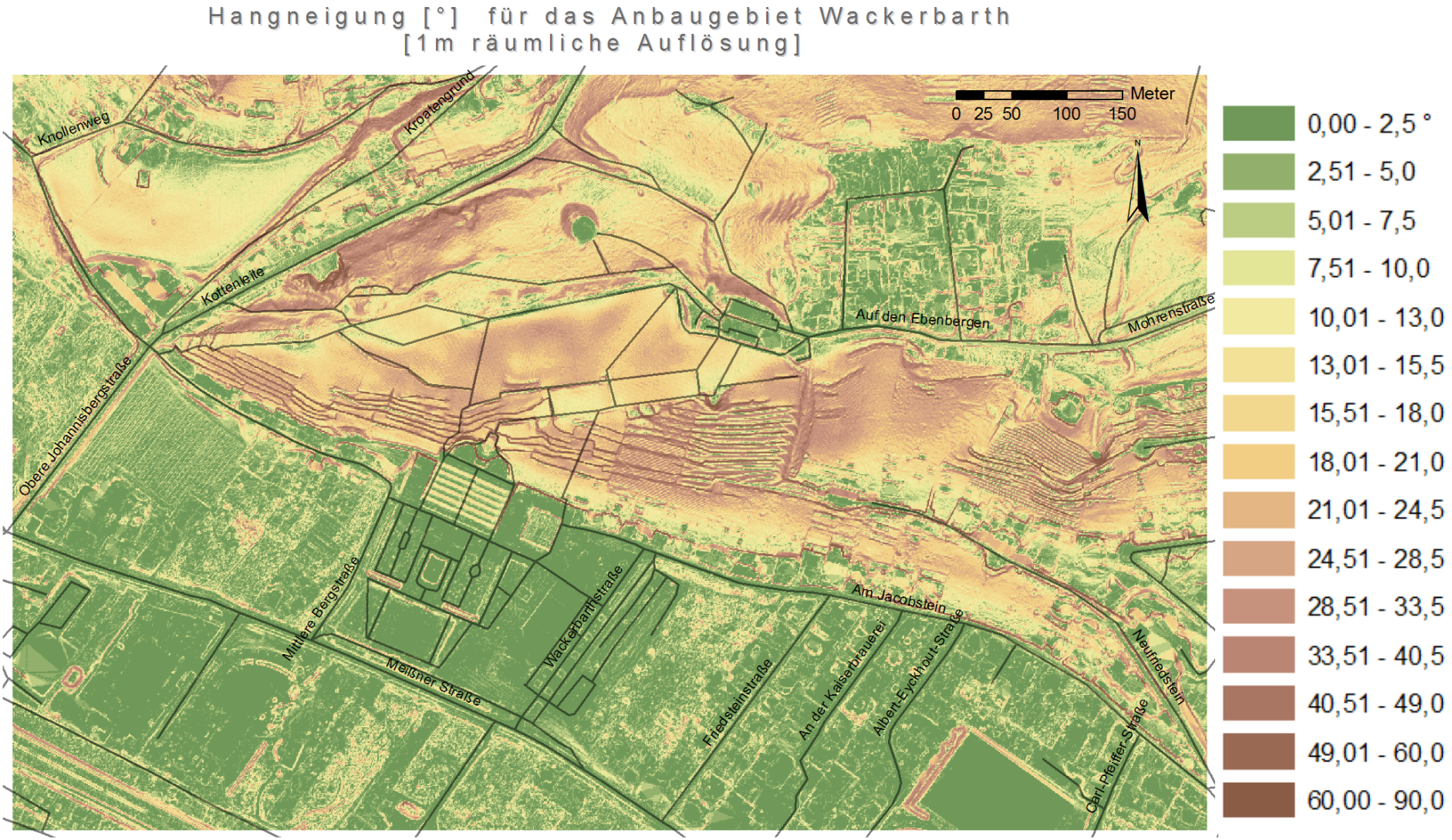


Es wird deutlich, dass bei flacher Sonnenhöhe an Tagen im Winter die Mauerwände mehr Strahlung erhalten als die Terrassen. Während bei hohem Sonnenstand im Sommer die Mauern weniger Strahlung erhalten als die Terrassen und Hangflächen. Die Einstrahlungsintensität ist im Sommer generell um eine Größenordnung höher.

Quelle: Eigene Darstellung in ArcGIS; DGM 1m, GeoPortal Sachsen

Einstrahlung Wackerbarthberg und Friedstein

Digitales Geländemodell mit Hangneigung

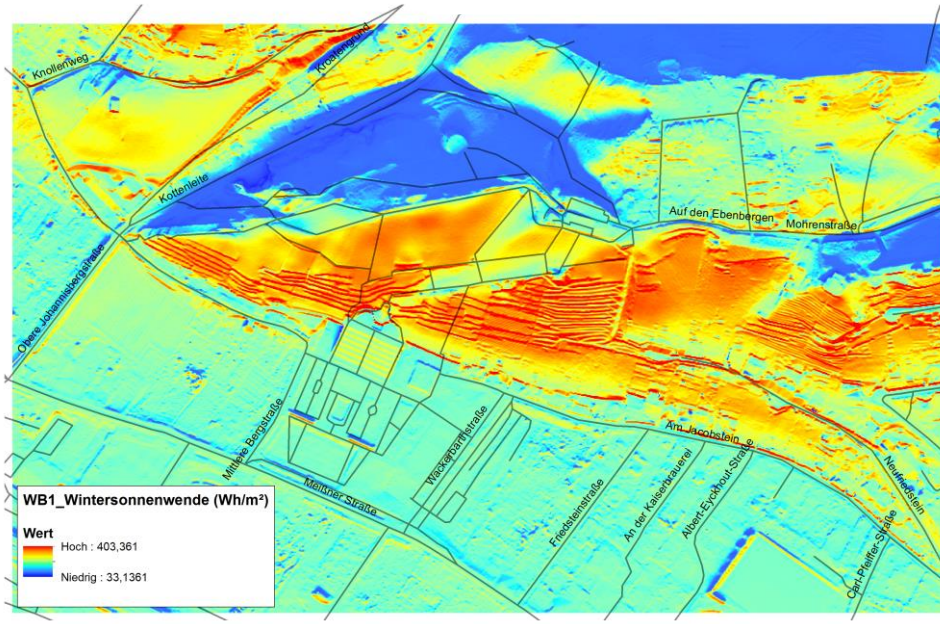


Quelle: Eigene Darstellung in ArcGIS; DGM 1m, GeoPortal Sachsen

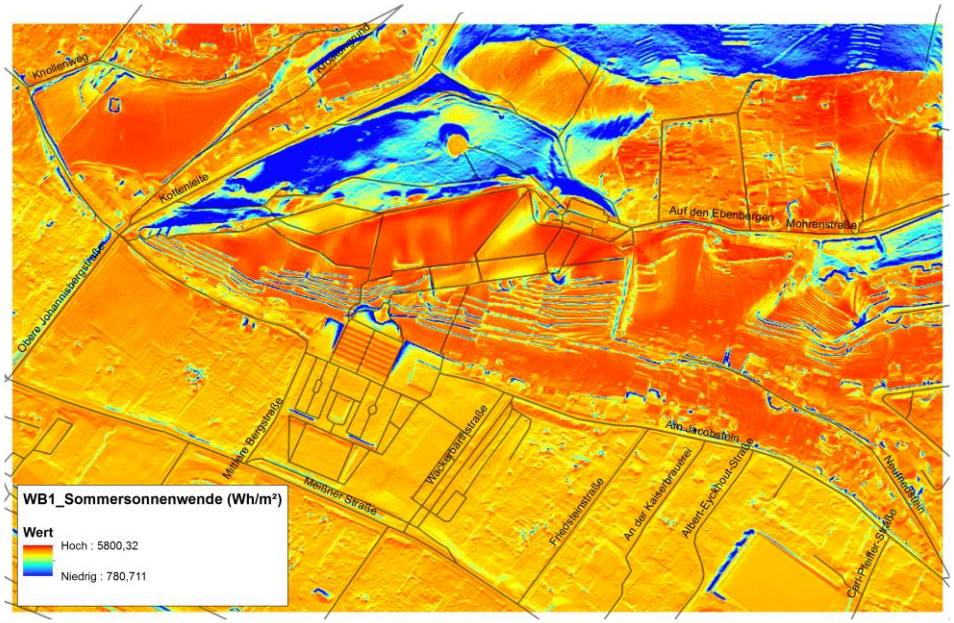
Einstrahlung Wackerbarthberg und Friedstein

Potenzielle Einstrahlung am Wackerbarthberg und Friedstein im Vergleich zur Umgebung

Zeitpunkt der Wintersonnenwende am 22.12.



Zeitpunkt der Sommersonnenwende am 21.06.



Quelle: Eigene Darstellung in ArcGIS; DGM 1m, GeoPortal Sachsen

Mikroklima im Weinberg

Das Mikroklima im Weinberg wir durch natürliche und künstliche, belebte und unbelebte Strukturen innerhalb des Weinbergs geprägt. Generell bedeutsam sind ihre physikalischen Eigenschaften, wie **Reflexion** von Strahlung, ihre Fähigkeit Strahlung als Wärme zu speichern und als Wärmestrahlung wieder abzugeben (**Emission**).
Ein weiterer wichtiger Faktor ist die **Verdunstung** von Wasser aus Pflanzengewebe (**Transpiration**) und von Oberflächen wie dem Boden (**Evaporation**). Die beim Verdunstungsvorgang verbrauchte Energie trägt zur Kühlung der Umgebung bei.

Folgende Größen sind besonders bedeutsam:

Rebstruktur, Zeilenausrichtung, -abstand, Höhe, Form und Blattfläche der Laubwand

Deckungsgrad, Art und Höhe von Begleitpflanzen, Farbe und Oberflächen der Blätter

Durchwurzelung und Wasserverfügbarkeit im Boden

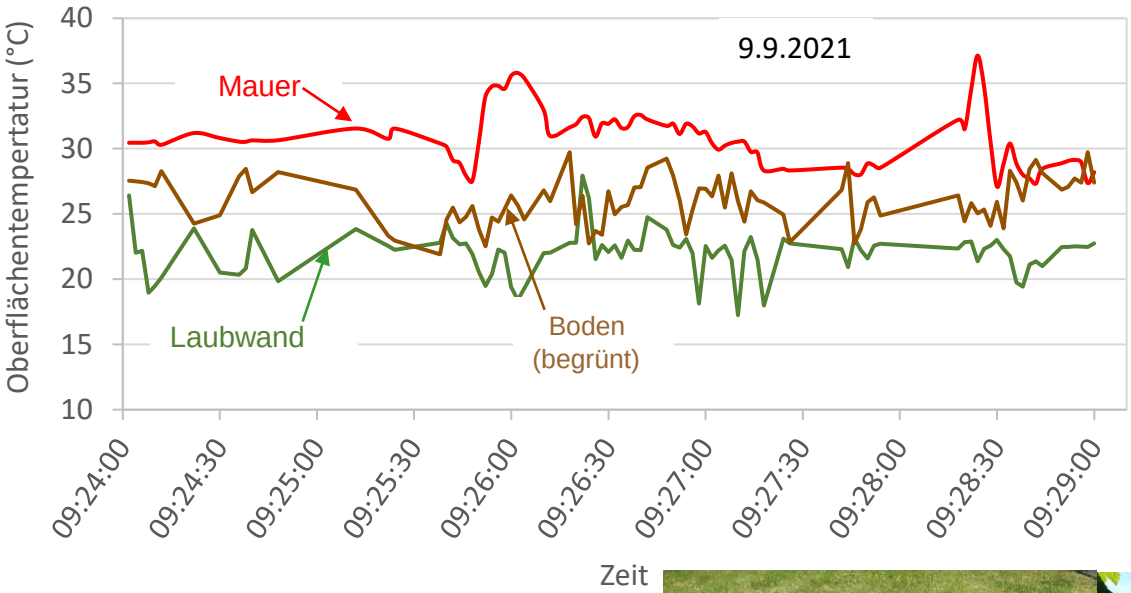
Anteil offenen Bodens und Bodenfarbe

Anteil an Mauern und Steinen

Fotos: © R. Achtziger

Mikroklima entlang der Rebgassen

Oberflächentemperaturen entlang von Laubwand und Mauer am Friedstein



Zum Vergleich:
Lufttemperatur, °C
In 2 m Höhe: 21,5
In der Rebgasse: 22,3

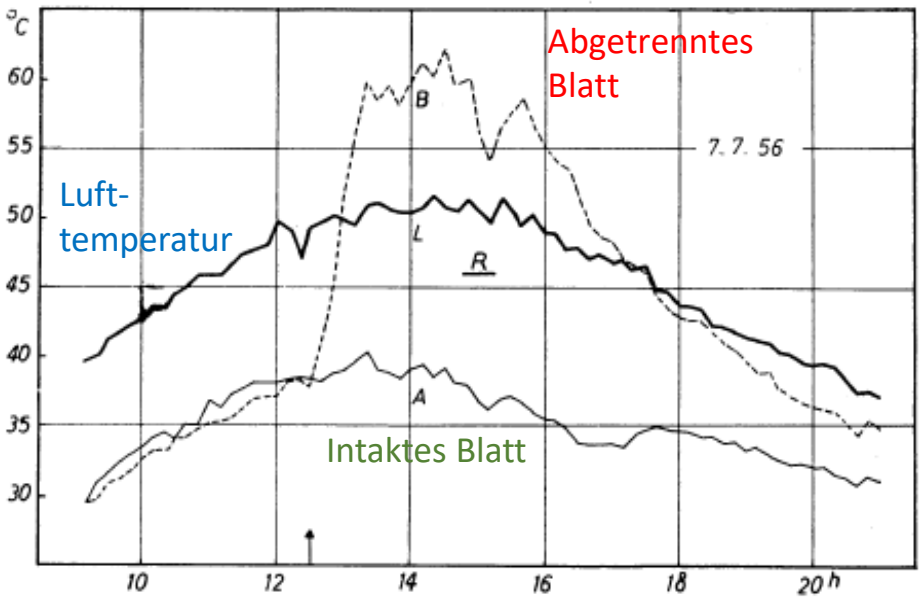
Quelle: B. Köstner, M. Killinger; Fotos: © A. Ziemann, TU Dresden; B. Köstner

Transpirationskühlung von Blättern

Blätter sind der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt und würden sich ohne aktive Transpiration erhitzen, was zu Hitzestress, Reduktion der Photosynthese und zu Gewebeschäden führen würde. Blätter sind unter höheren Lufttemperaturen in der Regel kühler als ihre Umgebung. Bei mangelnder Wasserversorgung oder wenn die Transpiration künstlich verhindert wird, erwärmen sich Blätter über die Umgebungstemperatur hinaus.

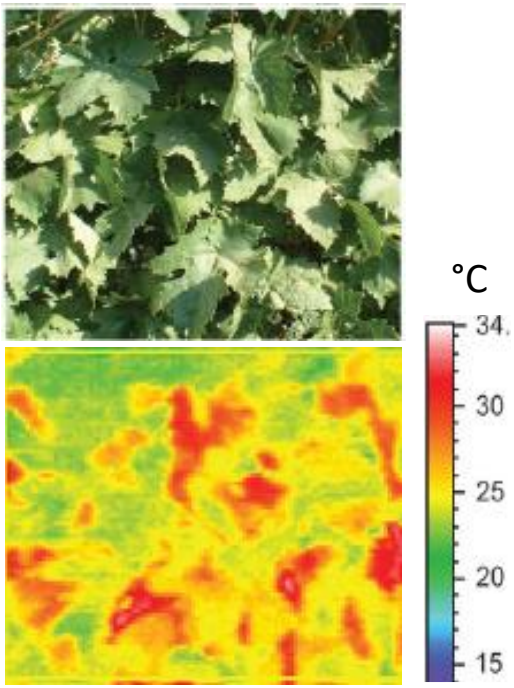
Transpiration

Mit Transpiration bezeichnet man die Verdunstung von Wasser aus lebendem Gewebe. Bei Pflanzen ist die Blatt-transpiration für die Temperatur-regulation am bedeutendsten. Die Verdunstung entzieht der Umgebung Energie (ca. 2,45 MJ/kg Wasser) und kühlt das Blatt (Transpirationskühlung).



Die Blatttemperatur eines intakten Blattes ist niedriger als die Lufttemperatur und erhöht sich über Lufttemperatur, wenn das Blatt von der Pflanze abgetrennt wird (Lange 1954).

Heute werden Blatt-temperaturen von Laubwänden auch mittels Thermalfotos untersucht (Grant et al. 2006).



Quelle: Lange 1954, s. auch Hoppmann et al. 2017; Grant et al. 2006

Mikroklima: Oberflächentemperaturen im Weinberg

Beispiele kleinräumiger Variabilität gleichzeitig auftretender Oberflächentemperaturen

Temperaturen an der Schattenseite der Laubwand: 24,0-24,4°
Rebholz: 28,7°

Temperaturen an der besonnten Laubwand: bis 28,9-30°
Rebholz: bis 33,8°

Temperaturen an unbewachsener Trockenmauer: 36,5-38,8°

Temperaturen von Dickblattgewächsen an Terrassenböschung: 39,2-46,6°

Temperaturen am Boden:
bewachsen: 27-36°
offen: bis 52,6°

Friedstein, 30.07.2020

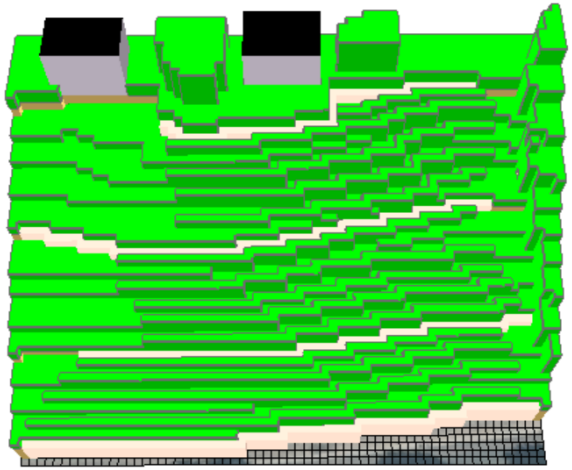
Lufttemperatur um 13.00 h MEZ
In der Rebgasse: 28,0°C
Oberhalb der Laubwand: 27,5°C

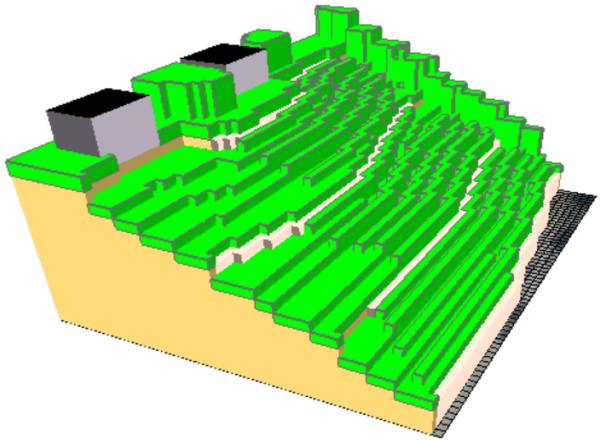
Mittlere Oberflächentemperaturen 12.00-13.00 h MEZ
Laubwand: 26°C Mauer: 41°C Böschung: 38°C

Quelle: M. Killinger, Projektarbeit, Meteorologie, TU Dresden

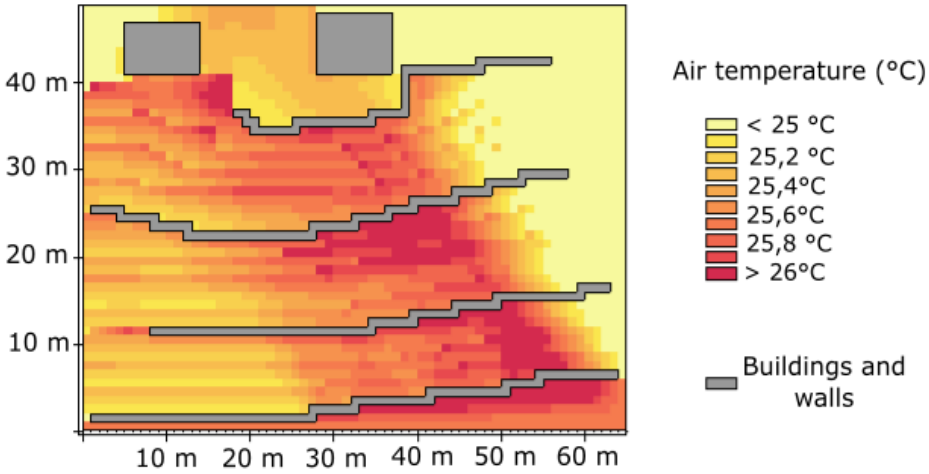
Quantifizierung von Vegetationseinflüssen im Weinberg

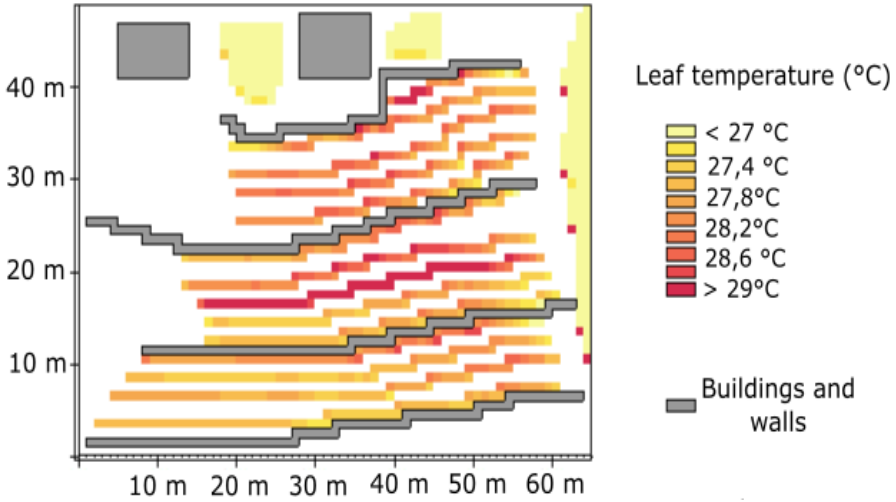
Untersuchungen mit dem dreidimensionalen Stadtklimamodell EnviMet am Kleinen Friedstein.





Simulation der Lufttemperatur und Blatttemperatur für 18.07.2019, 13:00

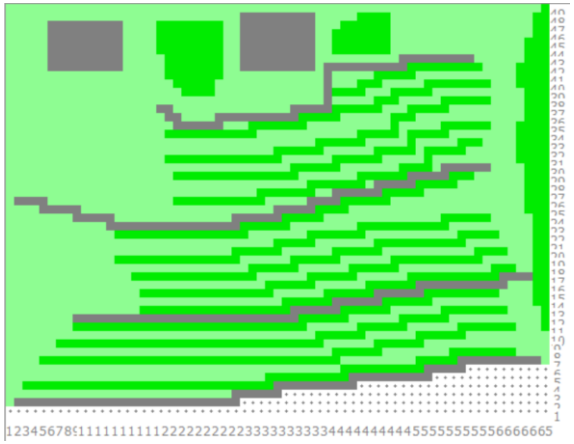


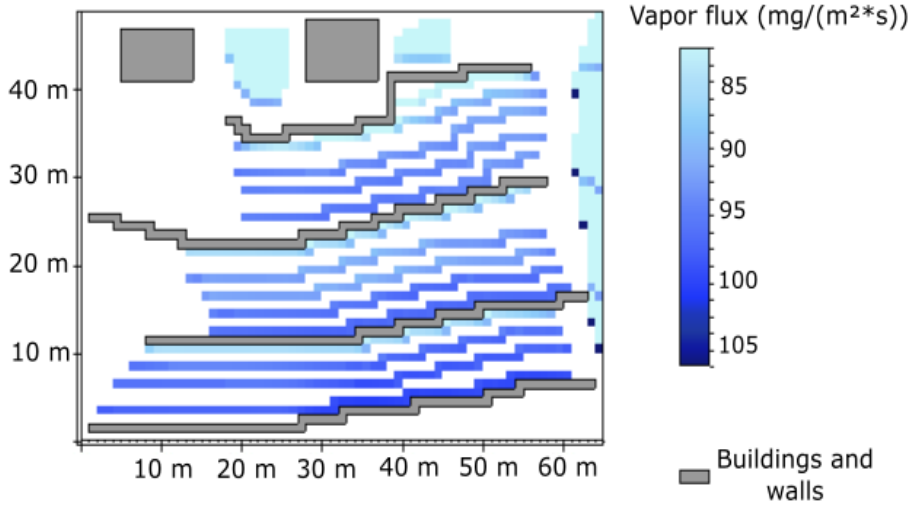


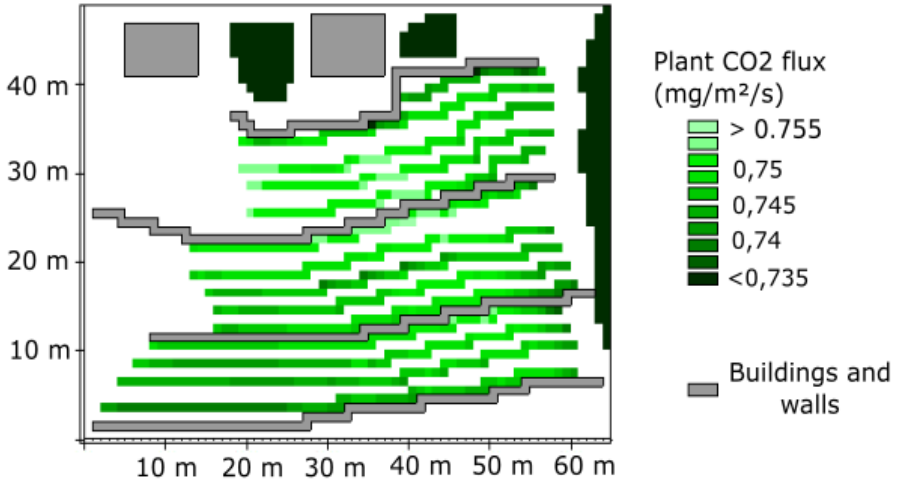
Quellen: Noirault et al. 2020; DGM 1m, GeoPortal Sachsen; Luftaufnahme: © Google-Earth

Anwendung eines Stadtklimamodells auf den Weinberg Friedstein

Ergebnisse für die Transpiration (vapor flux) und Nettophotosynthese (CO2 flux) der Rebzeilen







Quellen: Noirault et al. 2021, DGM GeoPortal Sachsen, Luftaufnahme: Google-Earth, Foto: © B. Köstner

Literatur

Bendix, J. (2004): Geländeklimatologie. Gebrüder Bornträger Verlagsbuchhandlung, Berlin, Stuttgart

ESRI (2016): Berechnung der Sonneneinstrahlung. Environmental Systems Research Institute Inc. (URL: https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-solar-radiation-is-calculated.htm (abgerufen am 2.8.2019)

Geoportal Sachsen (2016a): Downloadbereich DOP - sachsen.de.
Geoportal Sachsen (2016b): Downloadbereich DGM1—Sachsen.de
URL: http://www.geodaten.sachsen.de/downloadbereich-dgm1-4166.html.

Grant, O.M., Tronina, L., Jones, H.G., Chaves, M.M. (2006) Exploring thermal imaging variables for the detection of stress responses in grapevine under different irrigation regimes. Journal of Experimental Botany · February 2007 DOI: 10.1093/jxb/erl153 · Source: PubMed

Hoppmann, D., Schaller, K., Stoff, M. (2017) Terroir. Wetter, Klima und Boden im Weinbau. Ulmer, Stuttgart

Lange, O.L. (1959): Untersuchungen über Wärmehaushalt und Hitzeresistenz mauretanischer Wüsten- und Savannenpflanzen. Flora, 147 (4), 595-651

Noirault, A., Achtziger, R., Richert, E., Goldberg, V. & Köstner, B. (2020): Modelling the microclimate of a Saxonian terraced vineyard with ENVI-met. Freiberg Ecology online 7: 21-41. (URL: https://tu-freiberg.de/sites/default/files/media/institut-fuer-biowissenschaften-10447/ag_biologie/FECO/feco_7_pp21-41_noirault_et_al_envi-met_publ_2020-12-18.pdf)

Oke, T.R. (1987): Boundary Layer Climates. Routledge, New York, 2nd Edition

Volk, O. H. (1934): Ein neuer für botanische Zwecke geeigneter Lichtmesser. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 195-202.