

PV-Offensive der Stadt Marburg

Kommentierung durch Prof. Sundermeyer in der Lokalen Agenda 21 Marburg,
Sitzung vom 9.2.23 der AG Nachhaltige Stadtentwicklung

November 2022 - Der Magistrat beschließt und erklärt den Bürgern seine im Grundsatz unterstützenswerte PV-Ausbaustrategie 2030:

- Innen- vor Außenausbau auf versiegelten vor unversiegelten Flächen
- Höchstmaß von 92 Hektar (ha, 920 x 1.000 Meter², 130 Fußballfelder) ausgewählt aus 1.245 ha zur PV-Potentialfläche erklärten Freiflächen
- Priorisierung des Ausbaus, Größenbegrenzung 1 - 20 ha (400 x 500 Meter²)
- **Vage:** Rücksicht auf Bürger, Wärmebelastungszonen, Flora, Fauna, Landschafts-, Bienen- und Artenschutz – **kurz Rücksicht auf Mensch und Natur?**
- **Vage:** Rücksicht auf Bodenzahl ja, aber auf traditionelle Äcker für Getreide und andere Nahrungsmittel? – **kurz lokale (Bio-)Lebensmittel vor Energie?**

Freiflächen-Solaranlagen-Potential im Außenbereich von Marburg: 1.245 ha

Prio 1: Violett

??? ha ???% Anteil von 92 ha

8 Vorbehaltsgebiete für Freiflächen-Solaranlagen (PV-FFA) - seit 25. Januar 2021 rechtsverbindlich verankert im Teilregionalplan Energie Mittelhessen (TRPEM 2016/2020).

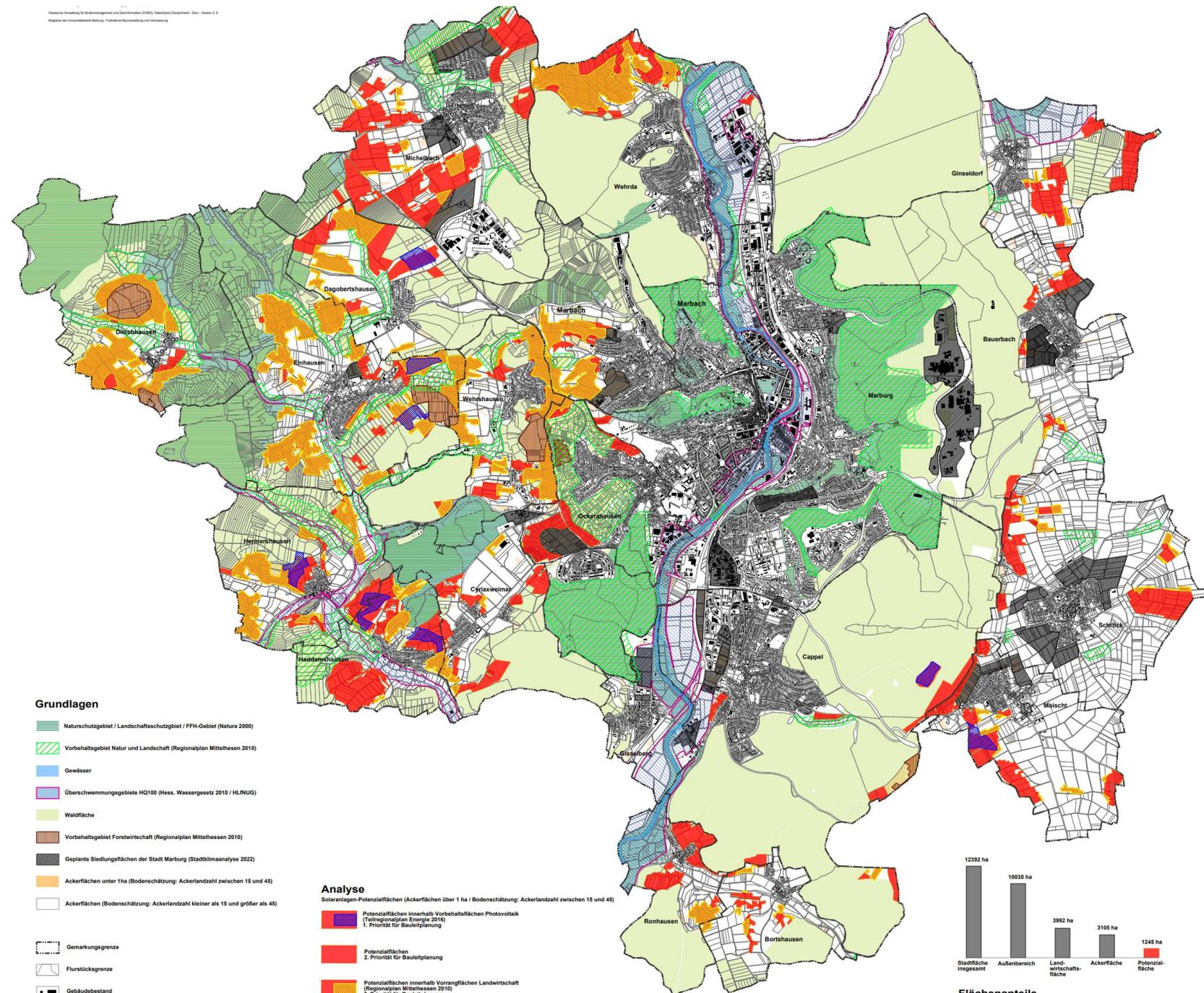
Neu:

Prio 2: Rot

??? ha, ???% Anteil von 1.245 ha

Prio 3: Gelborange

??? ha, ???% Anteil von 1.245 ha



Energetische Einordnung:

92 ha nach Süden ideal aufgeständerte, dichtest bepackte PV-Freiflächen könnten im Idealfall 40 % des heutigen Strombedarfs von Marburg in 2022 von ca. 400 GWh pro Jahr liefern bzw. etwa 20 % des Strombedarfes von ca. 800 GWh pro Jahr bei fortgeschrittener Decarbonisierung von Marburg.

Maximale PV-Nennleistung: 0,2 kW/m² Solarfläche (Hochleistungsmodul sauber kalt)

Maximaler Jahresstromertrag: 40° Süd ausgerichtet, dichtest gepackt ohne Wegeflächen, bei 876 Volllaststunden (10 % Anteil von 8.760 Jahresstunden):

Theorie: 0,2 kW/m² x 876 h = ca. 175 kWh/m² und Jahr

bzw. 1.750.000 kWh/ha bzw. **1.750 MWh/ha** bzw. 1,75 GWh/ha und Jahr

bzw. 1,75 x 92 GWh/92 ha = 161 GWh/92 ha und Jahr.

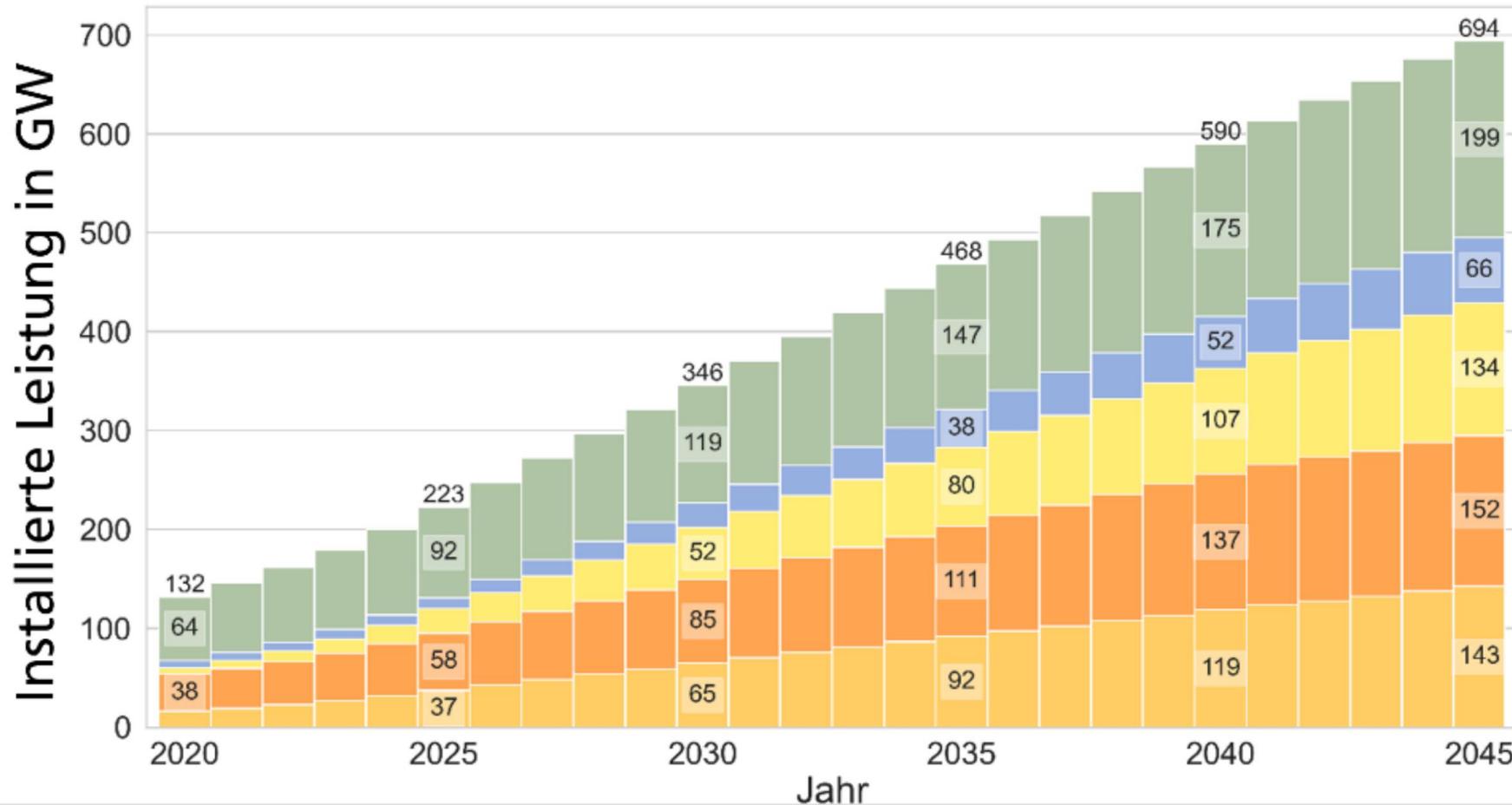
Größenordnung des Anteils der Stromversorgung 2022: 160/400 = 0,4 (40 %)

Realität: Solarracker Cölbe 3.100 MWh pro 7,5 ha und Jahr: **413 MWh/ha**

Ausbau-Korridor für Wind- und Solarenergie

Szenario „Referenz“ Deutschland klimaneutral 2045 mit

Etappenziel 2030



Wind-onshore : PV-gesamt
 = 34 : 58 %
 = 119 : 202 GW

Freiland-PV : Dach-PV
 = 52 : 150 GW
 = 25 : 75 %
 ca. 92 : 276 ha

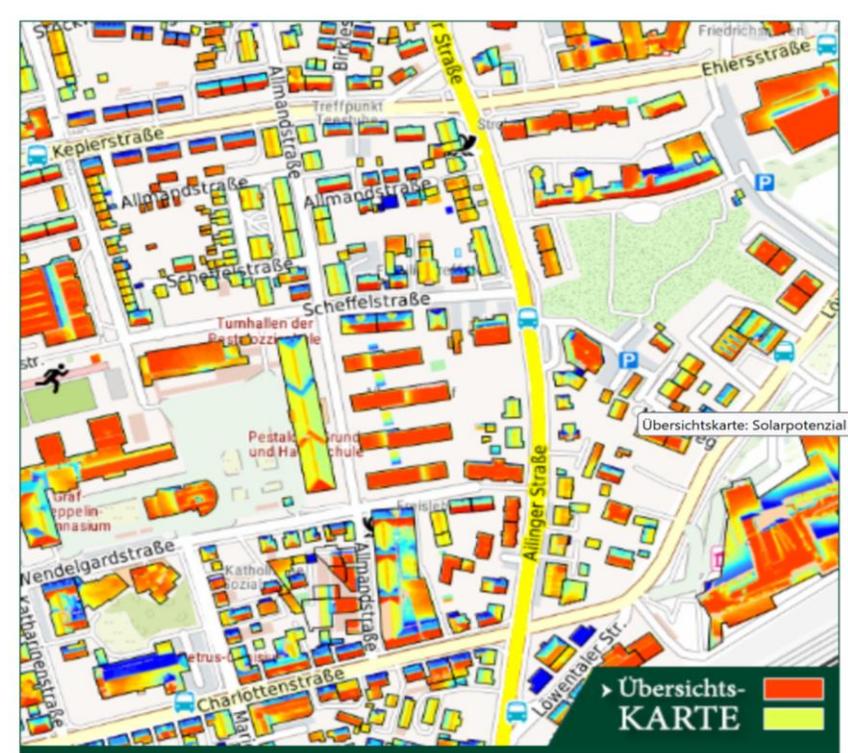
Wie lassen sich diese Vorgaben in Marburg realisieren?

Photovoltaik auf versiegelten Dachflächen & Integrierte Photovoltaik

Quelle: www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik.html



Integrierte Photovoltaik (www.integrierte-pv.de) ermöglicht eine doppelte Flächennutzung. Zusätzlicher Flächenverbrauch für neue PV-Kraftwerke wird dadurch deutlich gesenkt oder gänzlich vermieden.



Prof. Martina Klärle, Umwelt-Geoinformatikerin & Präsidentin der Dualen Hochschule Baden-Württemberg, **Schöpferin des Marburger Solarkatasters** und ehemalige **Geschäftsführerin der Hessischen Landgesellschaft HLG**, Konzeptentwicklerin für **Plus-Energie-Siedlungen**, könnte mit Satelliten- und KI-gestützter geodätischer Software den **Masterplan Energie für Marburg** erstellen, sie legt dar:

Belegung von 50 % aller urbanen Dachflächen und weiterer bereits versiegelter Flächen in Marburg-Stadt liefert genug Energie für den von jedem Bewohner Marburgs anteilig aufzubringenden Anteil einer **Vollversorgung ALLER SEKTOREN inklusive Industrie und Gewerbe mit Solarstrom!**

Voraussetzung: Ökostrom-Speicherkapazitäten werden parallel aufgebaut!

Quellen: 1) Erneuerbare Energien Atlas der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflaechen/pv-potenziale-auf-gebietsebene

2) www.kontextwochenzeitung.de/gesellschaft/585/wir-schaffen-die-energiewende-8250.html (Interview-Podcast).

Unabhängige Studien - gleiches Ergebnis:

Eggers et al. PV-Ausbauerfordernisse versus Gebäudepotenzial: Ergebnis einer gebäudescharfen Analyse für ganz Deutschland, 35. PV-Symposium, ISBN 978-3-948176-09-9, September 2020.

In Deutschland stehen ca. 40 Millionen Gebäude, deren Gebäudehüllen und Dächer ein **technisches PV-Potenzial** in der Größenordnung von **1.000 GWp** bieten. Diese Analyse berücksichtigt als PV-geeignet nur größere, keine kleinteiligen Flächen, die einer durchschnittlichen **solaren Strahlungsdichte von >500 kWh/m² (maximal 1.000 in D) im Jahr** ausgesetzt sind, folglich einen Jahresertrag >100 kWh/m² (maximal 200) erwarten lassen.

www.enercity.de/magazin/unsere-welt/studie-weltweites-pv-potenzial

Erste Berechnung zum **weltweiten Dach-PV-Potenzial:** 130 Millionen Quadratmeter der globalen Landoberfläche wurden mittels KI für die Studie kartiert und 200.000 Quadratkilometer Dachflächen dabei als für Solaranlagen-geeignet identifiziert.

Ergebnis: Nicht nur **Deutschland mit 2.344 Quadratkilometer PV-geeigneter Dachfläche**, sondern die ganze Welt lässt sich mit Solarstrom vom Dach versorgen, falls die **Strom-Überproduktion im Sommer in Wasserstoff-Speichern für den Winter gespeichert** wird.

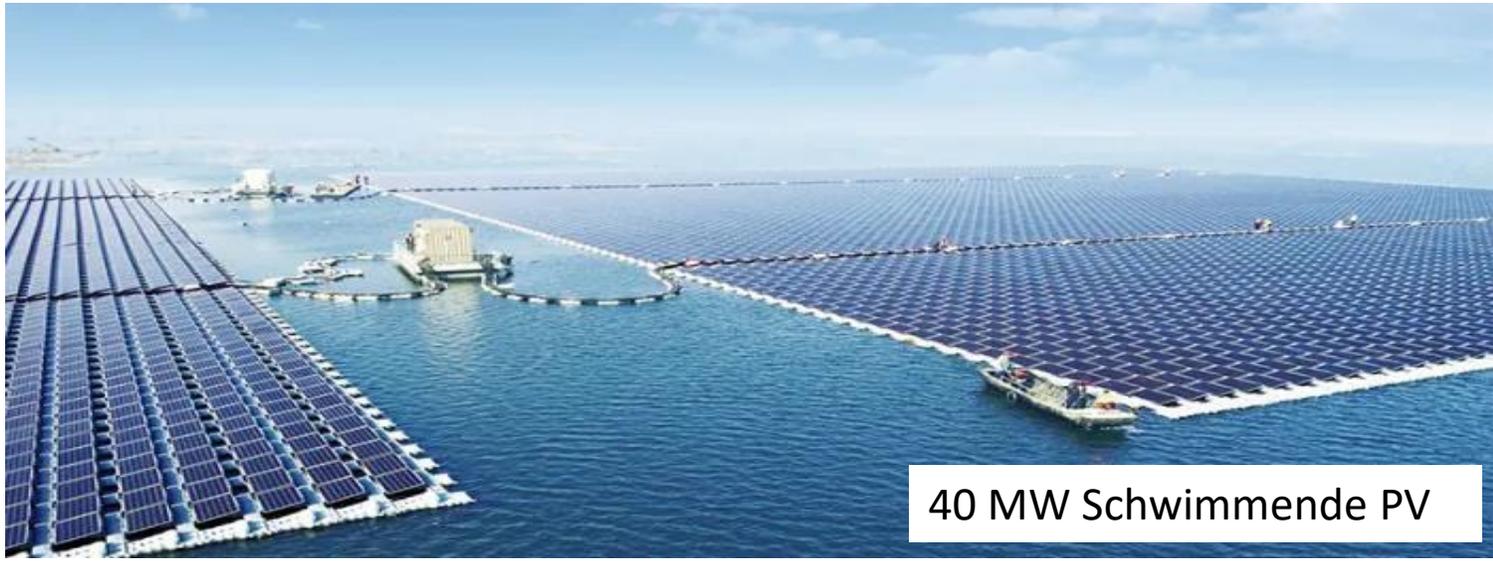
PV auf unversiegelten Flächen



9,5 MW Freiflächen-PV



Investorenfreude: PV-Rendite



40 MW Schwimmende PV

Agri-PV auf unversiegelten Flächen



Stromertrag Agri-PV : Freiflächen-PV = Faktor 3-4 geringer

PV auf urbanen versiegelten Flächen



Verkehrswege-PV Ketzlerbach



Bahnlinie, Stadtautobahn



Parkplatz-PV



Gründach-PV

Bauwerk-integrierte Fassaden-PV



Vorgehängte hinterlüftete oder gedämmte **CIGS**-PV-Module (**C**upfer**I**ndium**G**allium**S**ulfid).
Gebäudehüllen im hessischen Baunatal – dem Grünen Marburg eine Dekade voraus!
Siehe Unibibliothek, Anbau-Kreisverwaltung, Erwin-Piscator-Haus? Fehlanzeige!

Stromspeicherbedarf im Jahresschnitt 2041-2045 & Strom-Flexibilitätsbedarf

Strommenge in TWh pro Jahr

Stromspeicherbedarf: 11 TWh

Stromspeicherangebot (2020):

0,04 TWh alle Pumpspeicher

0,000116 TWh alle Batteriespeicher

Speicherbedarf: 104 GW (2030)

in Leistung 180 GW (2045)

Speicherangebot: 15 GW (2020)

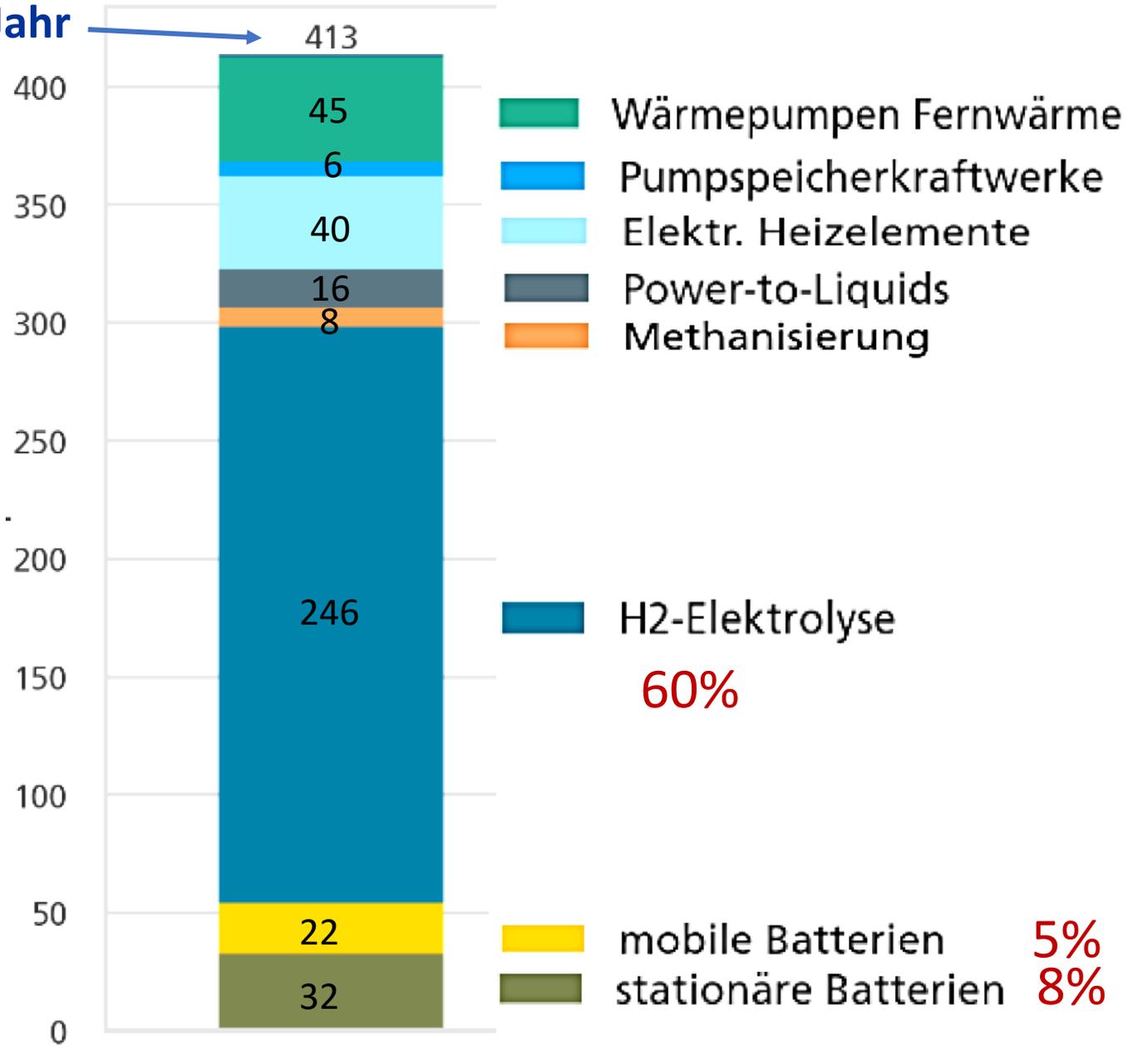
**Krasser Speicher-Mangel im
Energiewende-Musterland!**



Quellen: [www.spektrum.de/
video/die-wahrheit-ueber-
erneuerbare-energien/2074593](http://www.spektrum.de/video/die-wahrheit-ueber-erneuerbare-energien/2074593)

ISE 2021: „Wege zu einem klimaneutralen
Energiesystem“

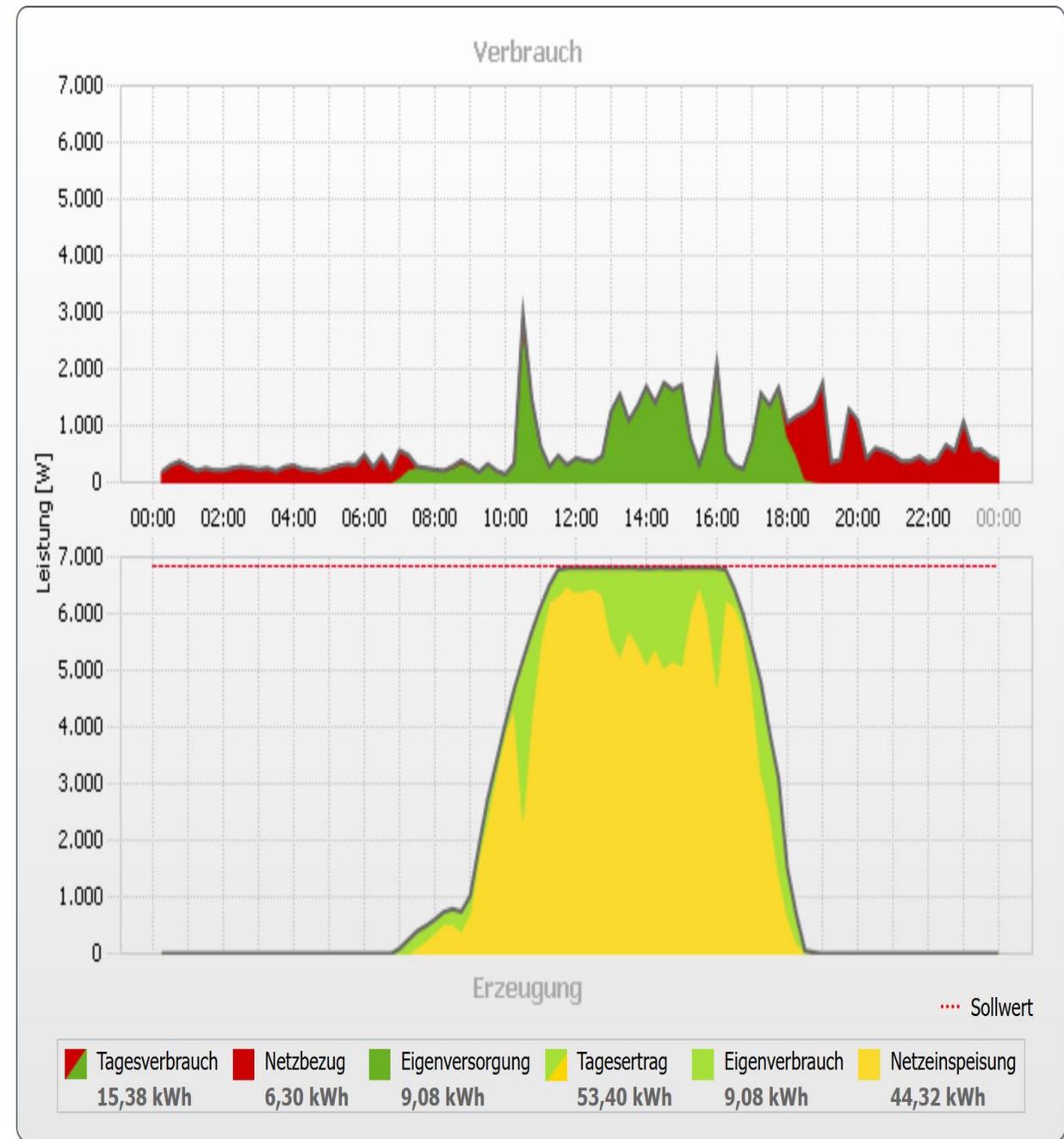
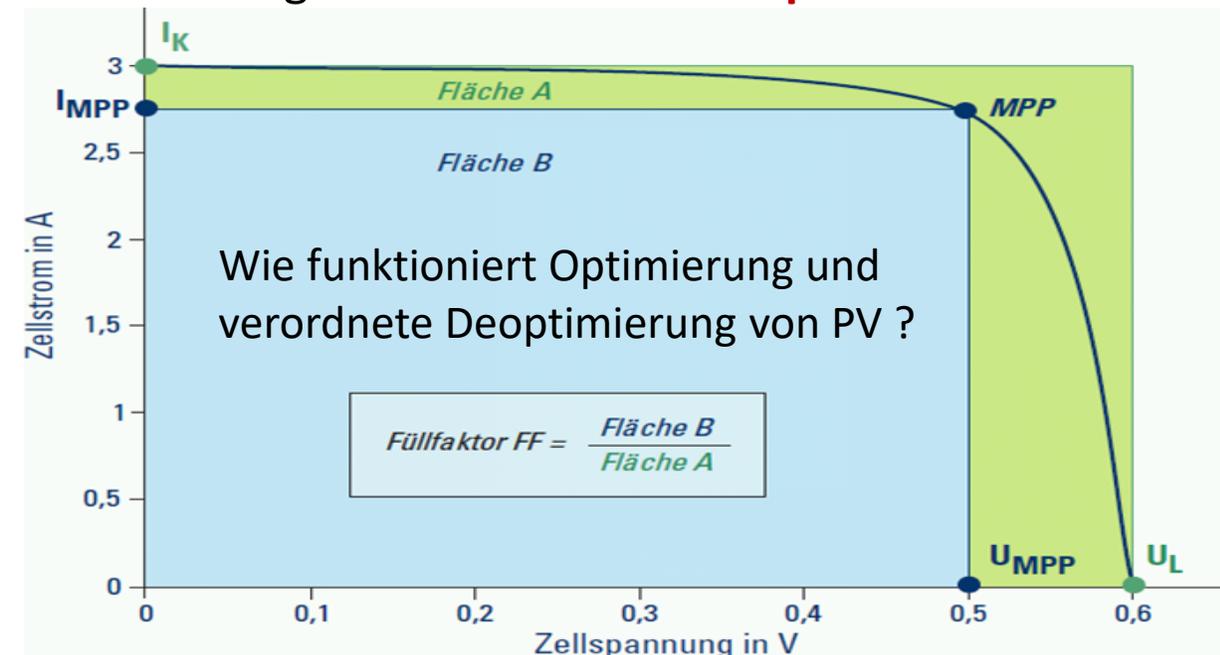
ISE 2022: „Batteriespeicher an ehemaligen
Kraftwerkstandorten“



Typisches PV-Tagesprofil in Marburg von März bis Oktober

9,8 kWp PV-Anlage Ausrichtung Südwest 45° mit nahezu täglicher **Abregelung(!)** bei **70 % Leistungsspitze** – trotz lokal angeschlossenem E-Auto.

5-10 % der potentiell produzierbaren Strommenge [kWh] (= Fläche **Phantomstrom-Kappe** = Leistung x Zeit) gehen verloren, weil Marburg **NICHT** in die zwingend notwendigen **Wasserstoff-Saisonspeicher investiert** hat!



Sachdienliche Empfehlungen und Fragen an den Magistrat

Die Logik planvollen Handelns verlangt einen Energie- und PV-Gesamtplan für Marburg:

- Der Magistrat möge eine detaillierte Solarpotentialstudie auch für den PV-Ausbau der Kernstadt, der Innenstadtteile und Außenstadtteile vorlegen.
- Bürger wollen auf der Ebene der Ortsbeiräte selbst entscheiden, wo in ihrem Wohnumfeld Freiflächen-PV gemäß Potentialkarte entstehen soll und dann selbst genossenschaftlich investieren!
- Wie sind die Flächenanteile der PV-Potentialflächen im Außenbereich Violett (Prio1) zu Rot (Prio 2) zu Gelb (Prio 3)?

Konkrete Bitte um Analyse und Aufklärung der Bürger:

Welche versiegelten Flächen (Dach Süd oder Dach Ost+West, Parkplätze, Verkehrswege etc.) von 6 m² (3 PV-Modulen) Mindestgröße und 500 Watt/m² p.a. solarer Mindeststrahlungsdichte....

- gibt es ortsaufgelöst auf Hausniveau in Außen- und Innenstadt-Bereichen?
- sind ortsaufgelöst aktuell bereits mit PV-Modulen welcher Nennleistung belegt?
- gilt es als Potentialflächen bis 2030 noch zu erschließen: Hochrechnung des erwartbaren PV-Ertrags auf Versiegelungsflächen versus Freiflächen?

Sachdienliche Empfehlungen und Fragen an den Magistrat

Konkrete Bitte um Analyse und Aufklärung der Bürger:

Wo bieten sich besondere Formen der Integrierten Photovoltaik für eine Doppelnutzung an?

Wie hoch ist das zu hebende Potential....

- an ungenutzten Freiflächen: (Auto)Bahntrassen, Schienen, Parkplätze, Stadien, Altdeponien, Teil der Baggerseen etc.
- an fassadenintegrierter PV und an städtischen Plus-Energie-Siedlungen: Rotenberg, Hasenkopf?
- an zukunftsweisender Gründach-PV-Integration im Kernstadtbereich?
- an jahrelang nur als Weideflächen genutzten Wiesen, die vor Opferung wertvollen Ackerlandes für Freiflächen-PV genutzt werden? Landwirte im OBR sagen zurecht: Jedes Weizenfeld, jeder Bioacker lässt sich binnen eines Jahres in ein Wildblumen-Biotop umwandeln, nicht aber jede Wiese in einen wertvollen Acker für gesunde lokale (Bio)Nahrungsmittel!
- an PV-Anteilen von Versiegelungs-/Ackerflächen? Abweichungen von der Norm in Marburg?

Auslösung des EE-Booms und Monitoring der Wende



- Professionelle Bestimmung und Veröffentlichung der Bedarfe und Systemkosten an Tages- & Saisonspeichern, an Strom- & Wärmenetzausbau sowie an E- & H₂-Ladesäulen 2025 und 2030.
- Quantitatives Monitoring der im Sommer nahezu täglichen(!) 70% Zwangsbegrenzung der Spitzenleistung der bereits heute(!) installierten Dach-PV-Anlagen in Marburg wegen aktuell fehlender EE-Speicherfähigkeiten. Bitte um Trendanalyse ab 2020 ff.
- Professionelles Monitoring des Marburger Grades an Klimaneutralität & Autarkie bis 2030.
- Hochrechnung der CO₂-Bilanz und Vollkosten des nachhaltigen Wind- und PV-Ausbaus inklusive zwingend notwendiger Speicherkapazitäten in Strom-Wasserstoff-Wärme-Energie(EE)-Clustern nach der Formel: Ökoenergie (EE) = {Strom + Wärme + Wasserstoff} !!
- PV-Boom auslösen durch attraktive PV-Ausbau- und Beteiligungsanreize: Einführung von Net-Metering der Stadtwerke: Kostenlose Einspeisung von 3 kWh PV-Strom im Sommer garantiert kostenlosen Bezug von 1 kWh im Winter. Handelsüberschuss wird für Speicherausbau genutzt.
- Übergewinne insbesondere bei staatlich und kommunal geförderter EE-Erzeugung gehören in die Finanzierung der finanziell weniger lukrativen EE-Speicher investiert!

Michelbach-spezifische Betrachtung zu Freiflächen-PV Plänen

Sitzung vom 27.2.23, Kulturscheune 20:00 h

Anwesend: Ortsvorsteher, Mitglieder des OBR, Landwirte,
Landeigner, Energiewende-Interessierte, Bürger von Michelbach

Konkrete Bürgerbeteiligung der Planung einer Energiewende in und um Michelbach

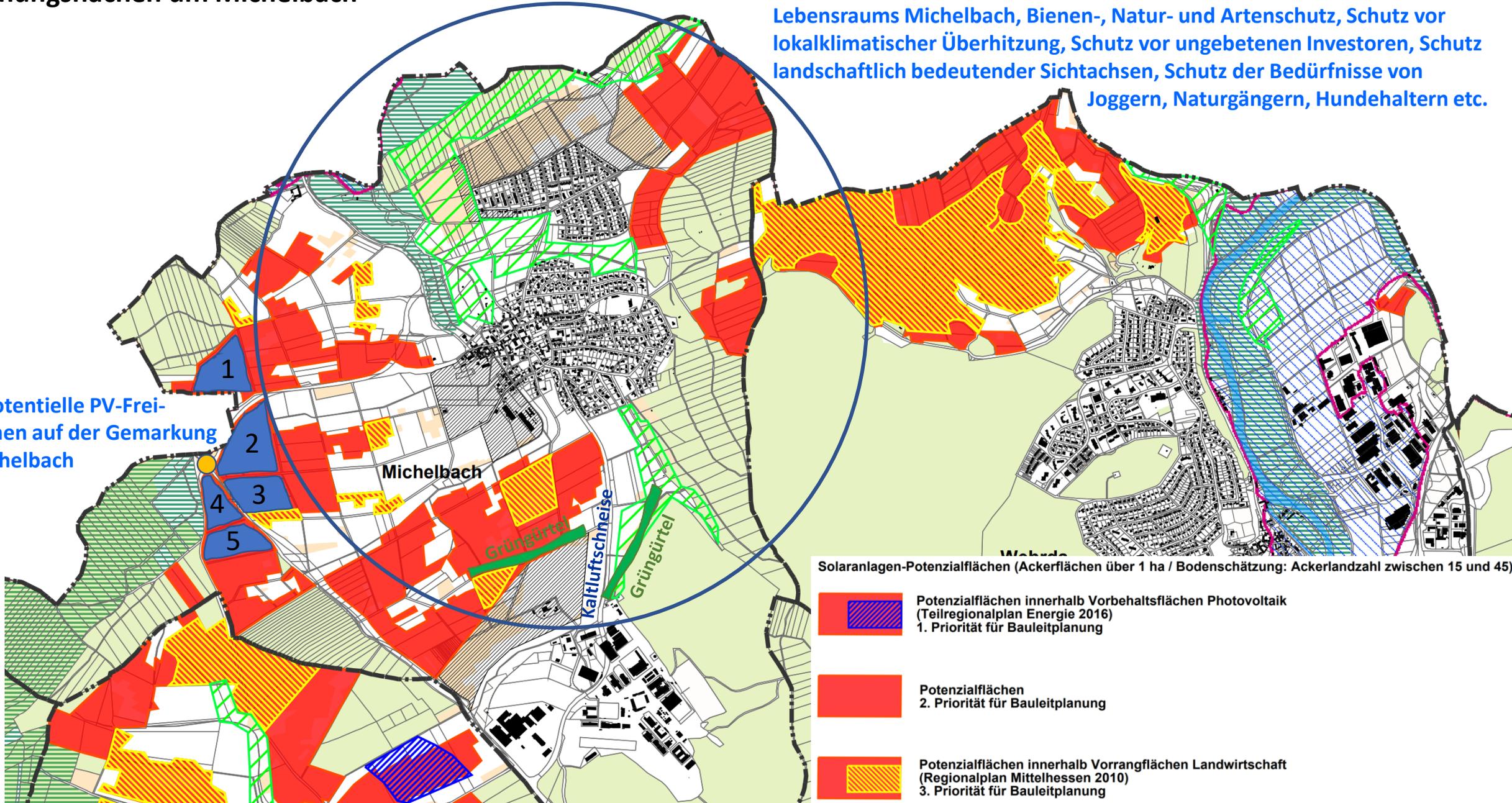
- 1) Michelbach** hat über 25 Jahre lang das mit Abstand größte Neubaugebiet der Stadt klaglos bereitgestellt und ist bereits heute **Spitzenreiter aller Marburger Stadtteile in puncto Dach-PV und Wärmepumpen-Ausbau sowie in Windenergiegewinnung.**
- 2) Michelbach** soll die **massive Ausweitung des größten Industriegebietes der Stadt, Görzhausen III**, bis auf 450 Meter an die Bebauungsgrenze Michelbach mit Verkehr, Wärme-, Licht- und anderen Emissionen erdulden.
- 3) Michelbach trägt** gemeinsam mit Goßfelden den **derzeit einzigen Windpark Marburgs** mit Windrädern im Abstand von 790 und 500 Metern zur Wohnbebauung. Bis zu **weitere 8 (acht) doppelt so hohe Windräder** werden vom nicht ortsansässigen Pharmaserv-Nachfolger Gelsenwasser AG (Gelsenkirchen) im bewaldeten Wind-Vorranggebiet Michelbach für die Versorgung des Industriegebietes Görzhausen geplant! **Gibt es eine Bürgerbeteiligung?**
- 4) Michelbach soll** aus bislang unerklärten Gründen **über 30% aller Freiland-PV-Potentialflächen** des gesamten Stadtgebietes Marburg **tragen (Referenz-Karte 1)**, dabei ist Michelbach gemäß Klimagutachten der Stadt durch den Klimawandel genauso stark oder **stärker Wärmeinsel-belastet wie die Kern- und Innenstadtbereiche (Referenz-Karte 2).**
- 5) Michelbach** ist gemäß aktueller Klimagutachten der Stadt Marburg **in herausragender Weise einer bioklimatisch besonders ungünstigen Situation im öffentlichen Wirkraum und Siedlungsflächen** ausgesetzt. Daher sollte Michelbach eher vor weiterer Versiegelung und weiteren Wärmequellen verschont werden (**Referenz-Karten 3 und 4**).
- 6) Die vor der Bürgermeisterwahl den Michelbachern versprochene Bürger-/Sporthalle soll bitte aus Steuereinnahmen unseres Industriegebietes** ganz vorbildlich mit Grün-Dach- und Fassaden-integrierter PV, Solarthermie für Duschen sowie einer auch im Winter effizienten Geothermie-Wärmepumpe ausgestattet werden - **als erstes Energiewende-Leuchtturmprojekt der Stadt Marburg!**

Ausschnitt der Freiland-PV-Potential-Planungsflächen um Michelbach

Referenz-Karte 1

700 Meter Schutzzone um die Wohnbebauung Michelbach: Zum Schutz des Lebensraums Michelbach, Bienen-, Natur- und Artenschutz, Schutz vor lokalklimatischer Überhitzung, Schutz vor ungebetenen Investoren, Schutz landschaftlich bedeutender Sichtachsen, Schutz der Bedürfnisse von Joggern, Naturgängern, Hundehaltern etc.

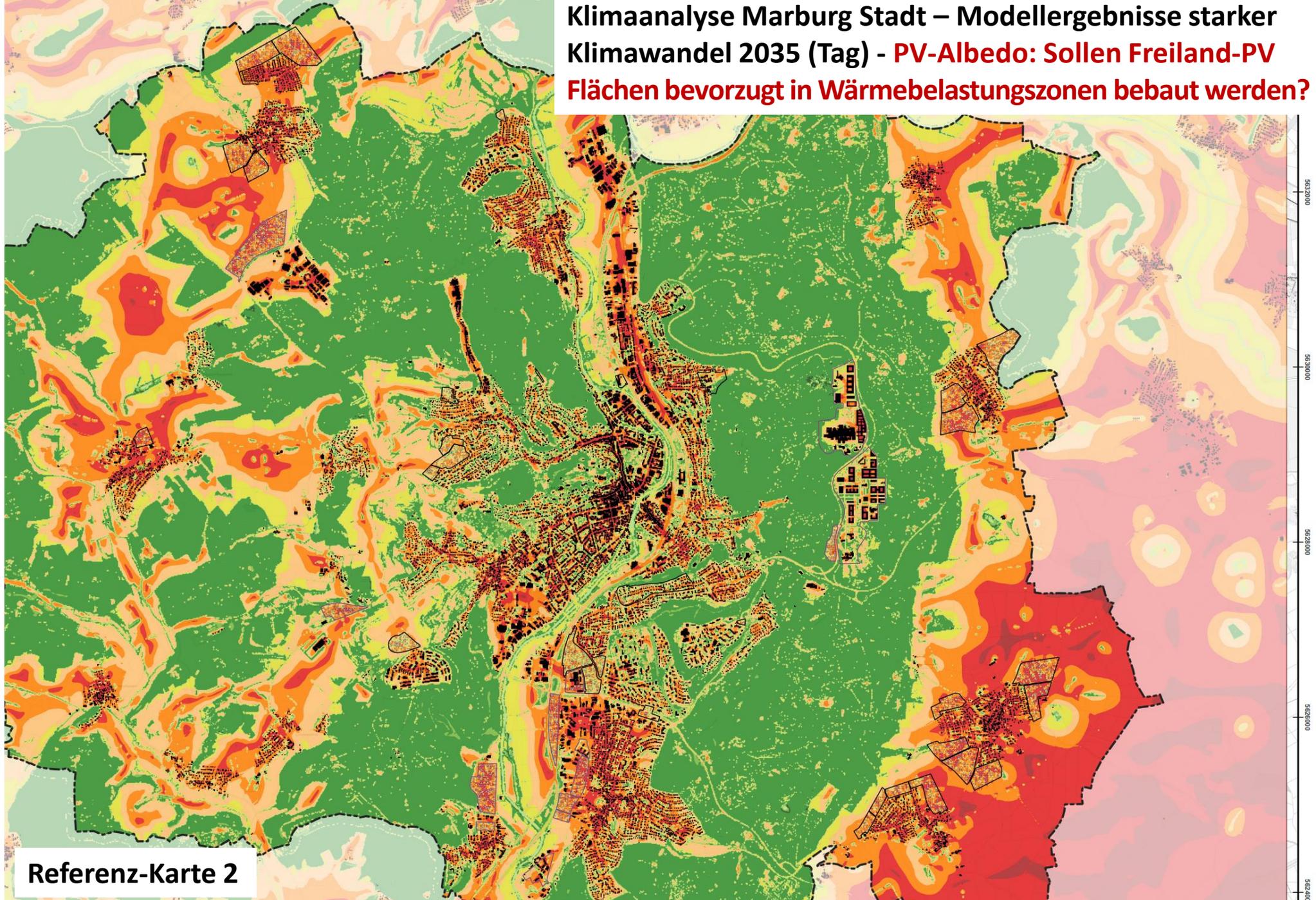
5 potentielle PV-Freiflächen auf der Gemarkung Michelbach



Solaranlagen-Potenzialflächen (Ackerflächen über 1 ha / Bodenschätzung: Ackerlandzahl zwischen 15 und 45)

-  Potenzialflächen innerhalb Vorbehaltsflächen Photovoltaik (Teilregionalplan Energie 2016)
1. Priorität für Bauleitplanung
-  Potenzialflächen
2. Priorität für Bauleitplanung
-  Potenzialflächen innerhalb Vorrangflächen Landwirtschaft (Regionalplan Mittelhessen 2010)
3. Priorität für Bauleitplanung

Klimaanalyse Marburg Stadt – Modellergebnisse starker Klimawandel 2035 (Tag) - PV-Albedo: Sollen Freiland-PV Flächen bevorzugt in Wärmebelastungszonen bebaut werden?



Wärmebelastung (PET)

(°C in 1.1 m ü.Gr. um 04:00 Uhr)

- bis 23
- > 23 bis 26
- > 26 bis 29
- > 29 bis 32
- > 32 bis 35
- > 35 bis 38
- > 38 bis 41
- > 41 bis 44
- > 44

Grundlagen

- Gebäude
- Gebäude in Entwicklungsflächen (exemplarische Verteilung)
- Potentialfläche Wohnbau
- Potentialfläche Gewerbe
- Stadtgrenze Marburg
- Untersuchungsgebiet

Referenz-Karte 2

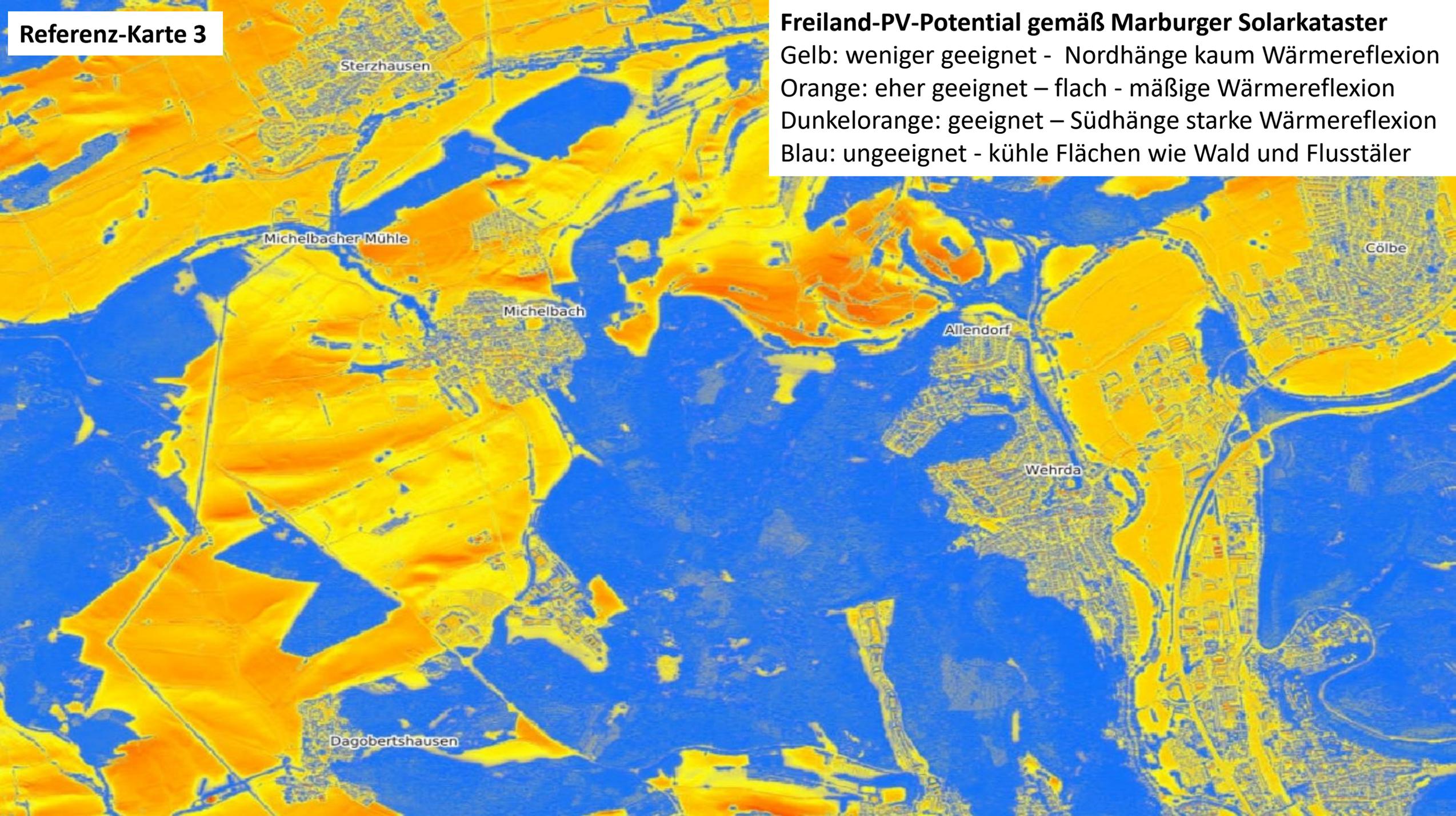
Projekttitle : Klimaanalyse Stadt Marburg
Kartenthema : Physiolog. Äquivalente Temperatur (PET in 1.1 m ü.Gr. um 14:00 Uhr Rev02)
Revision : Janko Löbzig
bearbeitet von : Dr. Björn Büter
Projektleitung : 2_19_061
interne Projektnummer : FITNAH-3D
Verwendetes Modell : 10 Meter
Horizontale räumliche Auflösung :

METEOROLOGISCHE RANDBEDINGUNGEN
BASISDATUM : 01.07.
MODELLIERUNGSZEIT : 21:00 bis 14:00 UHR FOLGETAG
STARTTEMPERATUR ATMOSPHÄRE : 22.9 °C IN 2 m HÖHE

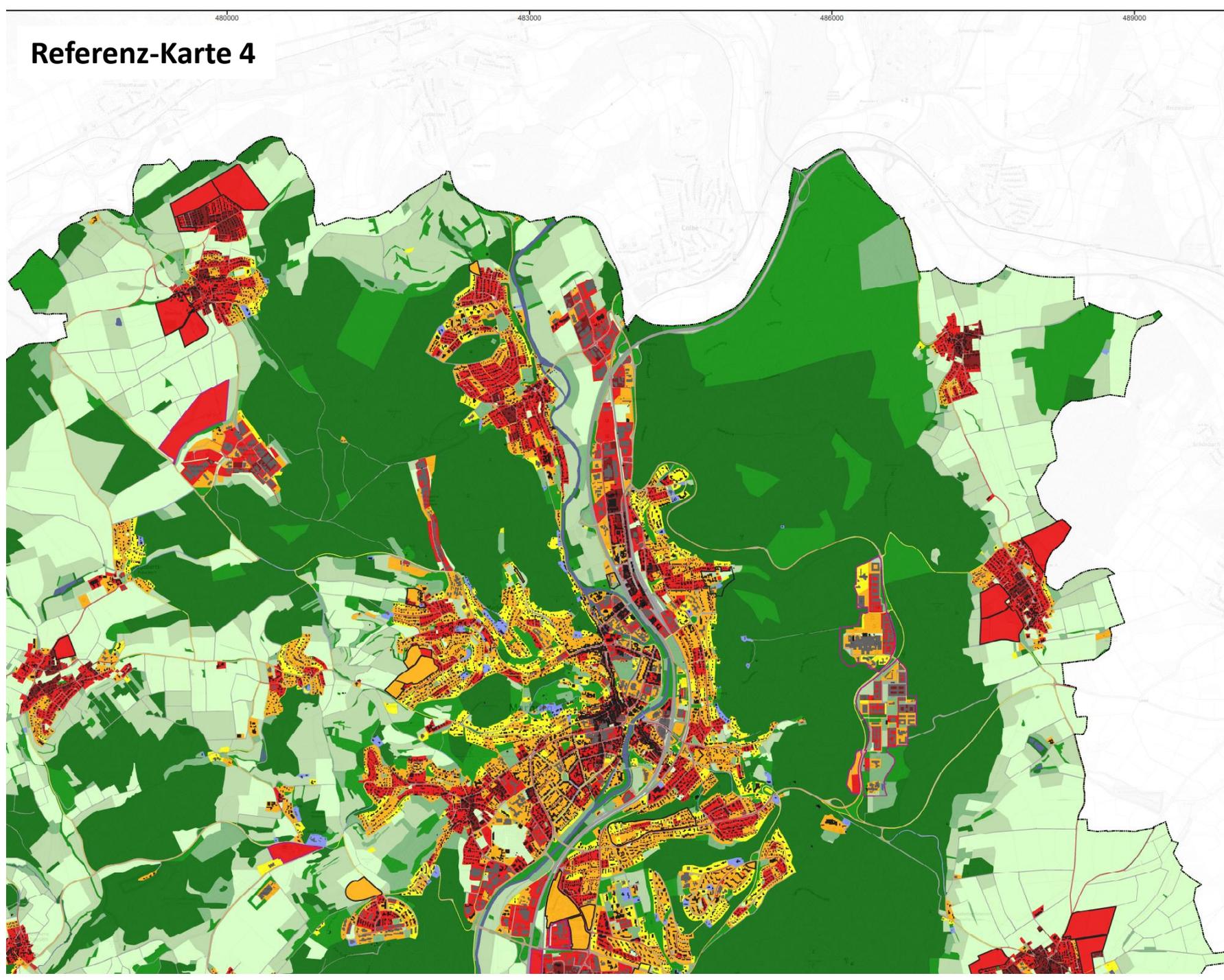
Referenz-Karte 3

Freiland-PV-Potential gemäß Marburger Solarkataster

Gelb: weniger geeignet - Nordhänge kaum Wärmereflexion
Orange: eher geeignet – flach - mäßige Wärmereflexion
Dunkelorange: geeignet – Südhänge starke Wärmereflexion
Blau: ungeeignet - kühle Flächen wie Wald und Flusstäler



Referenz-Karte 4



WIRKRAUM: SIEDLUNGSFLÄCHEN UND ÖFFENTLICHER RAUM

Bewertung von Wohn-/Gewerbeflächen, Straßen und Plätzen

-  Sehr günstige bioklimatische Situation
-  Günstige bioklimatische Situation
-  Mittlere bioklimatische Situation
-  Ungünstige bioklimatische Situation
-  Sehr ungünstige bioklimatische Situation

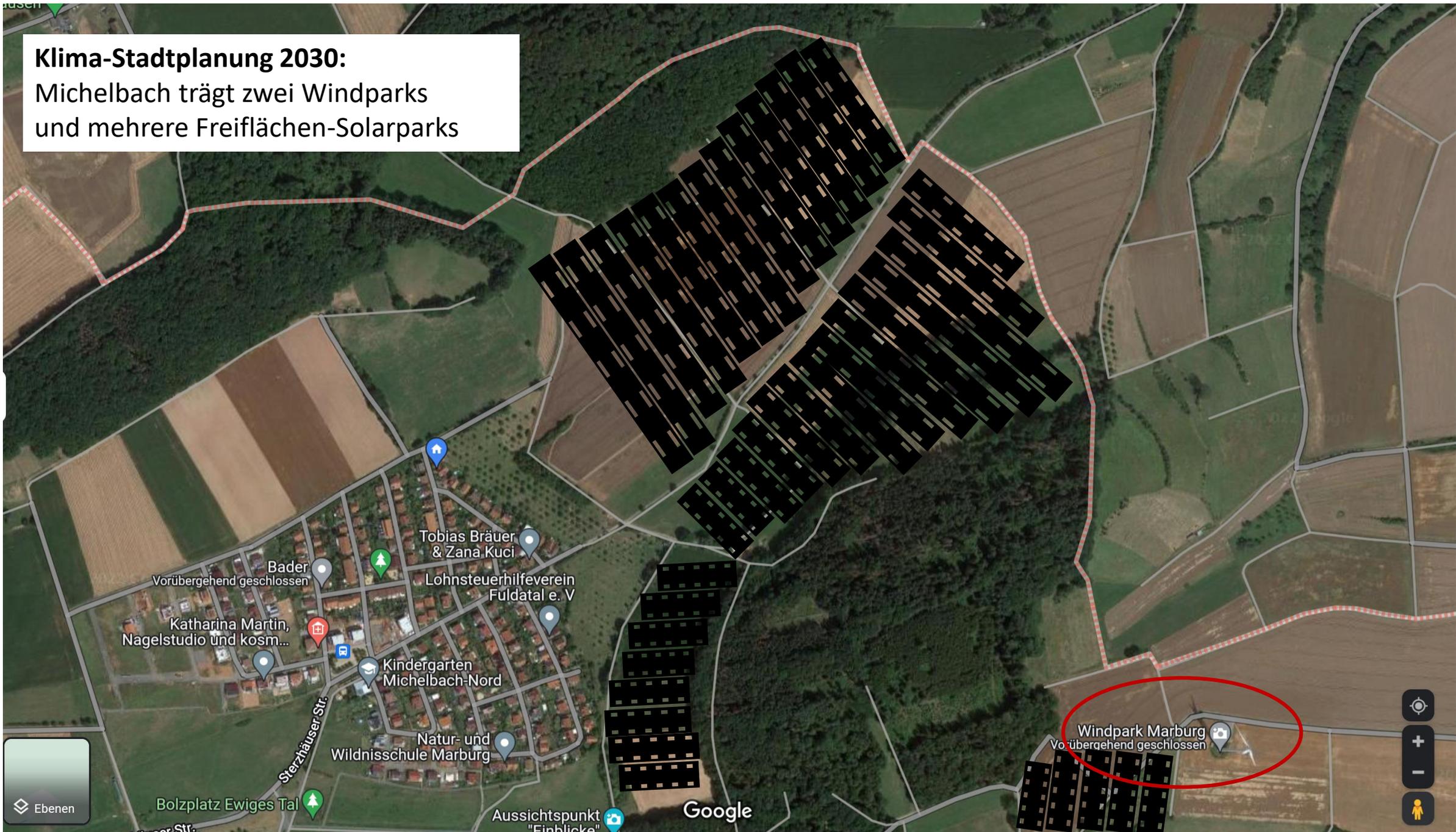
-  Gebäude wohnlich geprägter Nutzung
-  Gebäude gewerblich geprägter Nutzung
-  Sonstiger Verkehrsraum

AUSGLEICHSPAUM: GRÜN- / FREIFLÄCHEN, LANDWIRTSCHAFTLICHE FLÄCHEN, WALD

Aufenthaltsqualität im Ausgleichsraum an Sommertagen

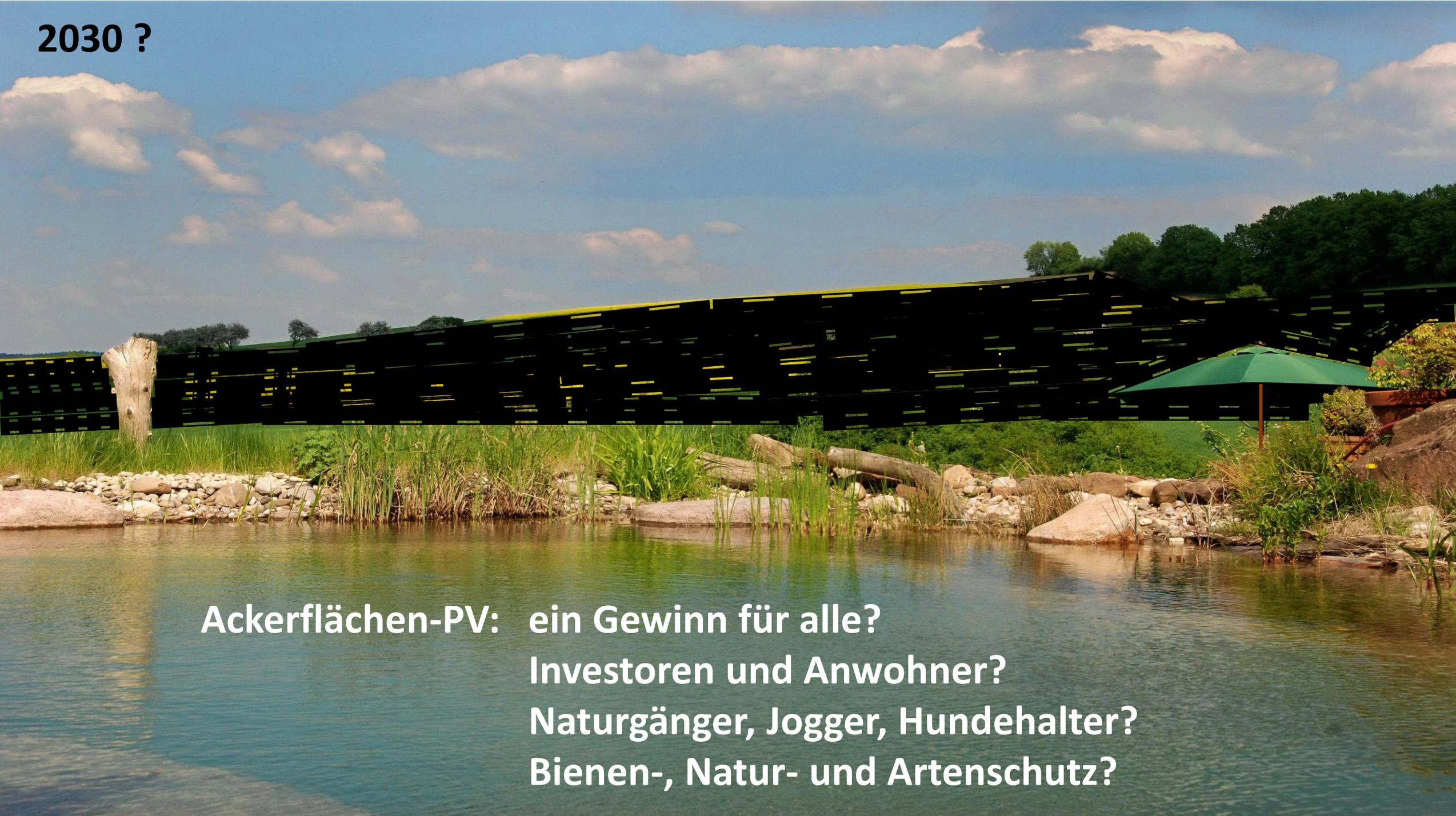
-  Sehr hohe Aufenthaltsqualität
-  Hohe Aufenthaltsqualität
-  Mittlere Aufenthaltsqualität
-  Geringe Aufenthaltsqualität
-  Sehr geringe Aufenthaltsqualität

Klima-Stadtplanung 2030:
Michelbach trägt zwei Windparks
und mehrere Freiflächen-Solarparks





2030 ?



Ackerflächen-PV: ein Gewinn für alle?
Investoren und Anwohner?
Naturgänger, Jogger, Hundehalter?
Bienen-, Natur- und Artenschutz?



Freiland-PV-Planungsgrundsätze, die von Bürgern gegebenenfalls unterstützt werden:

- 1) Nutzung bereits versiegelter Flächen für PV muss absoluten Vorrang haben: Kein Freiland-PV ohne professionelle PV-Potentialanalyse der Nutzung aller versiegelten Flächen in Marburg Stadt! Korridor Freiland-/ Versiegelungsfläche beachten!**
- 2) Klassische Ackerflächen für Weizen und andere Bio-Nahrungs- und -Futtermittel für Freiland-PV meiden.** Brachflächen und klassische Weideflächen für Rinder und Schafe notfalls prioritär nutzen!
- 3) Den klassischen täglichen Bewegungsraum von Michelbacher Bürgern, Hundebesitzern, Joggern, Spaziergängern im 1-Kilometer-Umkreis zur Wohnbebauungsgrenze respektieren!**
- 4) Sichtschutz** - unverbaute Naturlandschaft-Sichtachsen aller Dorfbewohner respektieren: Kein direkter Ausblick auf schwarze PV-Industrieflächen von Frühstückstischen oder Terrassen, wo vorher blühende Naturlandschaften waren!
- 5) Wärmebelastungszonen in Michelbach berücksichtigen:** Wo vorher durch Verdampfungsenthalpie kühlende Grünflächen waren, generiert Freiflächen-PV gemäß Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme einen Albedo-Effekt = Verhältnis der Reflexion zu unerwünschter Umwandlung von Sonnenstrahlung in Wärme. Dieser **PV-Albedo liegt im Albedo-Bereich einer waagerechten Beton- und Asphaltfläche** und ist etwas geringer als bei einer 40° geneigten versiegelten schwarzen Dachfläche. Erläuterung: Albedo 1,0 = 100% Spiegel-Totalreflexion, PV = 20% Umwandlung von Sonnenlicht in Strom nebst 80% in Wärme.
- 6) Bioklimatisch besonders ungünstige Siedlungszonen in Marburg-Michelbach** müssen berücksichtigt werden. Eine hohe **Sonneneinstrahlungsdichte** muss Berücksichtigung finden: **Keine Nord-, Nordwest- und Nordost-Hänge für PV!** Der freie Wille der **Mehrheit der Michelbacher Bürger muss respektiert werden, im Einvernehmen mit Landbesitzern/-verpächtern** gegebenenfalls ein **genossenschaftlich betriebenes Freiflächen-PV-Kraftwerk als Beitrag Michelbachs** zu planen!