

WIRTSCHAFTLICHER NUTZEN VON ERNEUERBAREN ENERGIEERZEUGERN MIT HILFE VON BITCOIN-MINING AM BEISPIEL EINER SOLARENERGIEANLAGE

Themar (Thüringen), den 10.02.2025

Wladimir Veselovski, Michael Peter

Im Auftrag der SUNLI Farmland GmbH
und der SUNLI GmbH, Flurstraße 2, D-91710 Gunzenhausen

Diese Arbeit basiert auf einem White Paper zum WIRTSCHAFTLICHER WEITERBETRIEB VON ERNEUERBAREN ENERGIEERZEUGERN NACH AUSLAUF DES FÖRDERZEITRAUMS DES EEG MIT HILFE VON BITCOIN-MINING AM BEISPIEL EINER WINDENERGIEANLAGE aus dem Ifem – Institut für Energiemanagement an der Hochschule Mittweida, Heinrich-Heine-Straße 25, D-09648 Mittweida. Es wurde im Jahr 2020 von Ralf Hartig und Clemens Fröhlich verfasst.

Das Paper aus dem Jahr 2020 befasste sich mit dem Prozess des Minings von Bitcoin. Dabei sollte erklärt werden, wie elektrische Energie genutzt wird, um neue Blöcke zur Blockchain hinzuzufügen und welche Renditen dabei zu erwarten sind. Gleichzeitig sollte geklärt werden, ob das Mining von Bitcoin ein Geschäftsmodell ist, mit welchem Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie auch ohne Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) wirtschaftlich betrieben werden können. Es wurde darin beschrieben, wie sich diverse Einflussgrößen auf die Wirtschaftlichkeit des Minings auswirken. Eine Auswahl an Mining-Hardware wurde hinsichtlich der zu erwartenden Erträge geprüft. Außerdem wurden die Risiken dieses Geschäftsmodells näher betrachtet.

Dieses nun neu vorliegende White Paper aus dem Jahr 2025 erarbeitet aufbauend auf das aus dem Jahr 2020 stammende „Windenergiepapier“ neue Möglichkeiten für die „Solarenergie“ anhand von einem Feldtest unter laborähnlichen Bedingungen aus Juli 2024 (in realer Umgebung und mit teilweise unkontrollierbaren Faktoren) sowie vom Januar 2025 und den geänderten, heute vorherrschenden Marktgegebenheiten.

1. Einleitung

Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien, welche nach dem ersten Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) aus dem Jahr 2000[1] eine feste Einspeisevergütung erhalten haben, sind nach dem Jahr 2020 aus der EEG-Förderung herausgefallen, da diese auf 20 Jahre begrenzt ist. Sowohl Windenergieanlagen als auch Photovoltaik- oder Biogasanlagen sind nach 20 Jahren Betrieb durchaus noch in der Lage, weitere zehn Jahre betrieben zu werden, jedoch ist eine Direktvermarktung der erzeugten Energie an der Strombörse nur bedingt wirtschaftlich sinnvoll, da staatlich garantierte Einnahmenbestandteile wegfallen. Die Nutzung der Energie zum Mining von Bitcoin dagegen könnte dann ein recht attraktives Geschäftsmodell darstellen.



Abbildungen eines B100-Mining-Containers mit bis zu 20 Antminer-Geräten und maximal 85 kWh verarbeitbarer Ausgangsleistung.

Wirtschaftlicher Nutzen von Erneuerbaren Energieerzeugern durch Bitcoin-Mining

Mit dem Ende der festen Einspeisevergütung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) stehen Betreiber von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) vor der Herausforderung, wie überschüssiger oder gedrosselter Solarstrom wirtschaftlich genutzt werden kann. Eine mögliche Lösung bietet das Bitcoin-Mining: Dabei wird überschüssige Energie genutzt, um neue Blöcke in der Blockchain zu berechnen und Kryptowährung zu generieren. Auf das neu geschaffene „Solarspitzen-Gesetz“ aus Januar 2025 wird hier noch nicht eingegangen, da es noch nicht ratifiziert und wirksam geworden ist.

Dieses White Paper untersucht die Ergebnisse eines Labortests, der im Juli 2024 durchgeführt wurde, um die Rentabilität von BTC-Mining mit überschüssigem Solarstrom zu analysieren. Zum Einsatz kamen ein Antminer S9 und zwei Antminer S19. Der Labortest wurde im Januar 2025 konkretisiert und in Teilen wiederholt, um mit zwei weiteren Labor-Simulationen einen weiteren Antminer in die Betrachtung mit einzubeziehen und eine Empfehlung für den Geräteeinsatz im Jahresbetrieb mit 24/7 abzuleiten.

Technische Grundlagen

Eingesetzte Mining-Geräte:

1. **Antminer S9:**
 - Rechenleistung: 14,5 TH/s.
 - Energieeffizienz: 93,1 J/TH.
2. **Antminer S19** (zwei Geräte):
 - Rechenleistung: 110 TH/s pro Gerät.
 - Energieeffizienz: 29,5 J/TH pro Gerät.

Gesamtrechenleistung und Energieverbrauch:

- Kombinierte Rechenleistung: 234,5 TH/s.
- Gesamter Energieverbrauch im Testzeitraum: 1.728 kWh.
- Strompreis: 0,05 € pro kWh.



Labortest Juli 2024

Testbedingungen

- Zeitraum: 2. Juli 2024 (15:00 Uhr) bis 11. Juli 2024 (15:00 Uhr).
- Stromquelle: Kalkulatorischer Solarstrompreis von 0,05 €/kWh.
- Ziel: Untersuchung der BTC-Erträge, Stromkosten und Rentabilität.

Testergebnisse

- **BTC-Ertrag im Testzeitraum: 0,00166369 BTC.**
- **BTC-Output pro genutzter kWh:** 0,00166369 BTC / 1.728 kWh=0,000000963 BTC/kWh
- **Monetärer Wert des Outputs pro kWh:**
 - BTC-Kurs am 11. Juli 2024: **57.432,10 USD/BTC.**
 - Umrechnungskurs: 1 USD = 0,91 €.
 - Output pro kWh: 0,000000963 BTC/kWh×57.432,10 USD/BTC×0,91 €=0,05 €/kWh

Einnahmen und Kosten

- **Stromkosten:** 1.728 kWh×0,05 €/kWh=86,40 €
- **Einnahmen:** 0,00166369 BTC×57.432,10 USD/BTC×0,91 €=86,81 €
- **Gewinn/Verlust (ohne Abwärme):** 86,81 €-86,40 €=0,41 €

Mehrwert durch Nutzung der Abwärme

Thermische Leistung der Miner

Die elektrische Leistung der Miner wird vollständig in Wärme umgewandelt. Die Gesamtabwärme beträgt:

- **Antminer S9:** 1,3775 kW.
- **Zwei Antminer S19:** 2×3,3 kW=6,6 kW
- **Gesamte thermische Leistung:** 1,3775 kW+6,6 kW=7,9775 kW
- **Wärmeenergie im Testzeitraum**
- Betriebszeit: 216 Stunden.
- Wärmeenergie: 7,9775 kW×216 h=1.722,36 kWh

Bewertung der Abwärme

Die Abwärme kann genutzt werden, um Heizkosten zu senken. Einsparungen bei typischen Energiepreisen:

- **Gaspreis (0,10 €/kWh):** 1.722,36 kWh×0,10 €/kWh=172,24 €
- **Strompreis (0,30 €/kWh):** 1.722,36 kWh×0,30 €/kWh=516,71 €

Gesamtgewinn mit Abwärme

- **Gas-Ersparnis:** 0,41 €+172,24 €=172,65 €
- **Strom-Ersparnis:** 0,41 €+516,71 €=517,12 €

Fazit

Der Labortest zeigt, dass BTC-Mining mit einem Strompreis von 0,05 €/kWh und einer Monetarisierung der Abwärme wirtschaftlich attraktiv sein kann. Der BTC-Output pro kWh entspricht dem Strompreis, sodass die Wirtschaftlichkeit direkt vom BTC-Kurs und den Stromkosten abhängt. Die Nutzung der Abwärme ermöglicht zusätzliche Einsparungen, die den Betrieb selbst bei moderaten BTC-Kursen profitabel machen können.



Labortest Januar 2025

1. Testbedingungen

- **Eingesetzter Miner:** Antminer S9 (14,5 TH/s)
- **Testzeitraum:** 15. Januar 2025, 0:00 Uhr – 29. Januar 2025, 24:00 Uhr (15 Tage bzw. 360 Stunden)
- **BTC-Ertrag:** 0,00013626 BTC
- **Stromkosten:** 0,00 € (**kostenfreier Strom**)

2. Wirtschaftlichkeit

- **Einnahmen:**
 - Schlusskurs von Bitcoin am 29. Januar 2025: **103.722,0 USD**
 - Umrechnungskurs am 29. Januar 2025: **1 USD = 0,9591 €**
 - Berechnung:
 - BTC-Ertrag in USD: $0,00013626 \text{ BTC} \times 103.722,0 \text{ USD/BTC} = 14,13 \text{ USD}$
 - Umrechnung in Euro: $14,13 \text{ USD} \times 0,9591 \text{ €/USD} = 13,56 \text{ €}$
- **Stromverbrauch:**
 - Leistungsaufnahme des Antminer S9: **1.350 W (1,35 kW)**
 - Betriebszeit: **360 Stunden**
 - Berechnung: $1,35 \text{ kW} \times 360 \text{ Stunden} = 486 \text{ kWh}$
 - BTC-Output pro kWh: $0,00013626 \text{ BTC} / 486 \text{ kWh} = 0,00000028 \text{ BTC/kWh}$
 - Monetärer Wert pro kWh:
 $0,00000028 \text{ BTC/kWh} \times 103.722,0 \text{ USD/BTC} \times 0,9591 \text{ €/USD} = 0,0279 \text{ €/kWh}$

3. Fazit

- **Einnahmen:** 13,56 €
- **Stromverbrauch:** 486 kWh
- **Ertrag pro kWh:** 0,00000028 BTC/kWh
- **Monetärer Wert pro kWh:** 0,0279 €/kWh

Obwohl in diesem Test keine Stromkosten anfielen, beträgt der monetäre Wert des erzeugten BTC pro verbrauchter kWh etwa 0,0279 €. Dies bedeutet, dass bei Stromkosten über diesem Wert das Mining mit diesem Gerät unter den gegebenen Bedingungen nicht rentabel wäre. Die Nutzung der Abwärme könnte jedoch zusätzliche Einsparungen ermöglichen und die Wirtschaftlichkeit verbessern. Bitte beachten Sie, dass die Rentabilität stark vom aktuellen BTC-Kurs und den spezifischen Stromkosten abhängt.

1. Simulation Februar 2025

1. Neue Testbedingungen für den S19 (138 TH/s)

- **Hashrate:** 138 TH/s (statt 14,5 TH/s).
- **Stromverbrauch:**
 - Standard **S19 (120 TH/s):** ~3250 W.
 - Mit Software-Upgrade auf **138 TH/s** steigt der Verbrauch auf geschätzte **3.800 W (3,8 kW)**.
- **Testzeitraum:** 15.01.2025 bis 29.01.2025 (360 Stunden)
- **Gesamter Stromverbrauch:** $3,8\text{kW} \times 360\text{h} = 1.368\text{kWh}$

2. Simulation des BTC-Ertrags

Der BTC-Ertrag skaliert proportional mit der Hashrate. Da der **S9 mit 14,5 TH/s** → **0,00013626 BTC** in diesem Zeitraum erwirtschaftet hat, berechnen wir den BTC-Ertrag für den **S19 (138 TH/s)**:
 $0,00013626 \times 138 / 14,5 = 0,0012971$ BTC

3. Einnahmen mit BTC-Schlusskurs am 29.01.2025

- **Schlusskurs BTC am 29.01.2025:** 103.722,0 USD
- **Umrechnungskurs USD → EUR:** 1 USD = 0,9591 €
- **Einnahmen in USD:** $0,0012971 \times 103.722,0 = 134,56$ USD
- **Einnahmen in EUR:** $134,56 \times 0,9591 = 129,08$ €

4. Wirtschaftlichkeit mit kostenlosem Strom

- **Einnahmen:** 129,08 €.
- **Stromverbrauch:** 1.368 kWh.
- **BTC-Output pro kWh:** $0,0012971 / 1.368 = 0,00000095$ BTC/kWh
- **Monetärer Wert pro kWh:** $0,00000095 \times 103.722,0 \times 0,9591 = 0,0936$ €/kWh

5. Vergleich mit dem ursprünglichen S9-Test

Parameter	S9 (14,5 TH/s)	S19 (138 TH/s)
Hashrate	14,5 TH/s	138 TH/s
Stromverbrauch	486 kWh	1.368 kWh
BTC-Ertrag	0,00013626 BTC	0,0012971 BTC
Einnahmen (€)	13,56 €	129,08 €
BTC-Output/kWh	0,00000028 BTC/kWh	0,00000095 BTC/kWh
Monetärer Wert/kWh	0,0279 €/kWh	0,0936 €/kWh

6. Fazit

- **Deutlich höhere Wirtschaftlichkeit:** Der S19 (138 TH/s) erzielt **~9,5-mal mehr BTC** als der S9 und damit auch höhere Einnahmen.
- **Bessere Energieeffizienz:** Während der S9 **0,00000028 BTC/kWh** generiert, schafft der S19 **0,00000095 BTC/kWh**, also **3,4-mal mehr BTC pro kWh**.
- **Höherer monetärer Wert pro kWh:** Der **S19 generiert 0,0936 €/kWh**, während der **S9 nur 0,0279 €/kWh** erreicht.

2. Simulation Februar 2025

1. Neue Testbedingungen für den S19j Pro A (104 TH/s)

- **Hashrate:** 104 TH/s.
- **Stromverbrauch:**
 - Der **Antminer S19j Pro A (104 TH/s)** hat eine durchschnittliche Leistungsaufnahme von **3.060 W (3,06 kW)**
- **Testzeitraum:** 15.01.2025 bis 29.01.2025 (360 Stunden)
- **Gesamter Stromverbrauch:** $3,06 \times 360 = 1.101,6$ kWh

2. Simulation des BTC-Ertrags

Der BTC-Ertrag skaliert proportional mit der Hashrate. Da der **S9 mit 14,5 TH/s** → **0,00013626 BTC** in diesem Zeitraum erwirtschaftet hat, berechnen wir den BTC-Ertrag für den **S19j Pro A (104 TH/s)**:
 $0,00013626 \times 104 / 14,5 = 0,0009776$ BTC

3. Einnahmen mit BTC-Schlusskurs am 29.01.2025

- **Schlusskurs BTC am 29.01.2025:** 103.722,0 USD
- **Umrechnungskurs USD → EUR:** 1 USD = 0,9591 €
- **Einnahmen in USD:** $0,0009776 \times 103.722,0 = 101,38$ USD
- **Einnahmen in EUR:** $101,38 \times 0,9591 = 97,17$ €

4. Wirtschaftlichkeit mit kostenlosem Strom

- **Einnahmen:** 97,17 €
- **Stromverbrauch:** 1.101,6 kWh
- **BTC-Output pro kWh:** $0,0009776 / 1.101,6 = 0,00000089$ BTC/kWh
- **Monetärer Wert pro kWh:** $0,00000089 \times 103.722,0 \times 0,9591 = 0,0882$ €/kWh

5. Vergleich mit den vorherigen Tests

Parameter	S9 (14,5 TH/s)	S19 (138 TH/s)	S19j Pro A (104 TH/s)
Hashrate	14,5 TH/s	138 TH/s	104 TH/s
Stromverbrauch	486 kWh	1.368 kWh	1.101,6 kWh
BTC-Ertrag	0,00013626 BTC	0,0012971 BTC	0,0009776 BTC
Einnahmen (€)	13,56 €	129,08 €	97,17 €
BTC-Output/kWh	0,00000028 BTC/kWh	0,00000095 BTC/kWh	0,00000089 BTC/kWh
Monetärer Wert/kWh	0,0279 €/kWh	0,0936 €/kWh	0,0882 €/kWh

6. Fazit

- Der **Antminer S19j Pro A (104 TH/s)** ist eine **effizientere Wahl als der S9**, liefert aber **weniger BTC-Ertrag als der S19 (138 TH/s)**.
- Die **Einnahmen steigen deutlich im Vergleich zum S9** (von **13,56 € auf 97,17 €**).
- Der **BTC-Output pro kWh ist besser als beim S9, aber etwas niedriger als beim S19 (138 TH/s)**.
- Die **Monetarisierung pro kWh liegt bei 0,0882 €/kWh**, was fast auf dem Niveau des S19 (138 TH/s) ist, aber mit einem niedrigeren Stromverbrauch.

1. Annahmen für die Jahresberechnung

- **Dauer:** 365 Tage (8.760 Stunden) = 24/7-Betrieb
- **Schlusskurs BTC am 29.01.2025:** 103.722,0 USD.
- **Umrechnungskurs USD → EUR:** 1 USD = 0,9591 €.
- **Stromkosten:** 0,00 € (da kostenfreier Strom angenommen wird).
- **Kaufpreise:**
 - **S9 (14,5 TH/s)** → 199 €
 - **S19 (138 TH/s)** → 1.899 €
 - **S19j Pro A (104 TH/s)** → 1.299 €

2. Jährlicher BTC-Ertrag für jeden Miner

Die BTC-Erträge aus den bisherigen Tests skalieren wir auf **1 Jahr (8.760 h)**.

BTC-Ertrag pro Jahr:

BTC-Ertrag aus 360h Test×8.760 / 360

Miner	BTC-Ertrag im Test (360h)	BTC-Ertrag in 1 Jahr (8.760h)
S9 (14,5 TH/s)	0,00013626 BTC	0,003317 BTC
S19 (138 TH/s)	0,00129710 BTC	0,031570 BTC
S19j Pro A (104 TH/s)	0,00097760 BTC	0,023800 BTC

3. Jährliche Einnahmen (bei BTC 103.722,0 USD)

BTC-Ertrag×BTC-Kurs×0,9591

Miner	BTC-Ertrag/Jahr	Einnahmen in USD	Einnahmen in EUR
S9 (14,5 TH/s)	0,003317 BTC	344,15 USD	330,28 €
S19 (138 TH/s)	0,031570 BTC	3.276,57 USD	3.139,23 €
S19j Pro A (104 TH/s)	0,023800 BTC	2.469,58 USD	2.367,04 €

4. Amortisationsdauer (Break-even-Zeit)

Die Amortisationsdauer berechnet sich als:

Kaufpreis / Jährliche Einnahmen

Miner	Kaufpreis (€)	Jährliche Einnahmen (€)	Amortisation (Jahre)
S9 (14,5 TH/s)	199 €	330,28 €	0,60 Jahre (7,2 Monate)
S19 (138 TH/s)	1.899 €	3.139,23 €	0,60 Jahre (7,2 Monate)
S19j Pro A (104 TH/s)	1.299 €	2.367,04 €	0,55 Jahre (6,6 Monate)

5. Fazit und Empfehlungen

- Alle Miner amortisieren sich innerhalb von 6–7 Monaten bei kostenlosem Strom.
- Der S19 (138 TH/s) hat den höchsten BTC-Output und die höchste Rentabilität, aber auch den höchsten Kaufpreis.
- Der S19j Pro A (104 TH/s) ist etwas günstiger und hat eine etwas kürzere Amortisationszeit als der S19 (138 TH/s).
- Der S9 amortisiert sich schnell, hat aber eine sehr geringe BTC-Erzeugung, wodurch er auf lange Sicht unattraktiver ist.
- Wenn Stromkosten berücksichtigt werden müssen, ist die höhere Effizienz des S19/S19j Pro A vorteilhaft.
- Die Amortisationszeit sinkt weiter rapide und schnell, wenn die Abwärme vom Mining-Prozess zusätzlich und zu 100% genutzt werden kann.