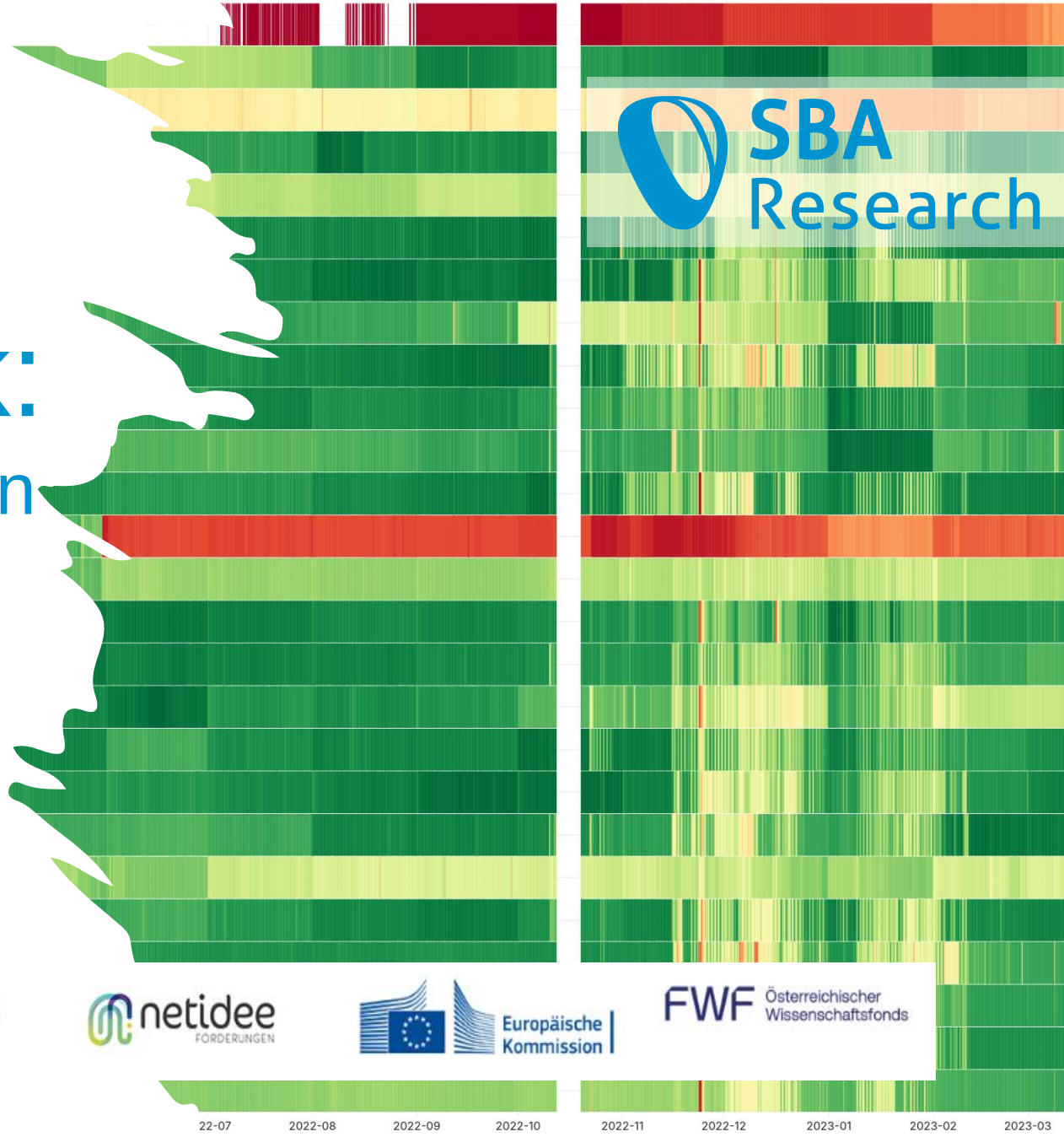
Von Österreich zur Ukraine und zurück:

Aktive Messungen zum Erkennen von Internetausfällen

Network & Critical Infrastructure Security Group

Florian Holzbauer

fholzbauer@sba-research.org



Bundesministerium Arbeit und Wirtschaft
Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
FFG
wirtschaftsagentur wien
Für die Stadt Wien
netidee FÖRDERUNGEN
Europäische Kommission
FWF Österreichischer Wissenschaftsfonds

Motivation

UKRAINE-KONFLIKT

Neue US-Warnung vor Angriff durch Russland

Die Ukraine bereitet sich angesichts der Eskalation im Konflikt mit Moskau auf einen drohenden Einmarsch russischer Truppen vor. Auch die USA warnten erneut davor, dass eine Offensive bevorstehe. Einen Anlass gäbe es bereits: Die Führung der ostukrainischen Separatistengebiete bat den Kreml am Mittwoch offiziell um „Hilfe“ gegen die ukrainische „Aggression“.

23. Februar 2022, 21.13 Uhr (Update: 23. Februar 2022, 22.20 Uhr)

CountryMonitor misst Internetausfälle

```
$ countrymonitor/scan.sh UA 8000
```

FEBRUAR 2022

Seither Messungen alle 2h

FEBRUAR 2025

02.03.2022
10:00:00

UKRAINE-KRISE 241

Was bisher über die russische Offensive bekannt ist

Russlands Präsident Putin hat am frühen Donnerstagmorgen den Angriff auf die Ukraine gestartet

24.2.2022, 13:48

Was sind Internetausfälle?

OUTAGE ANALYSES

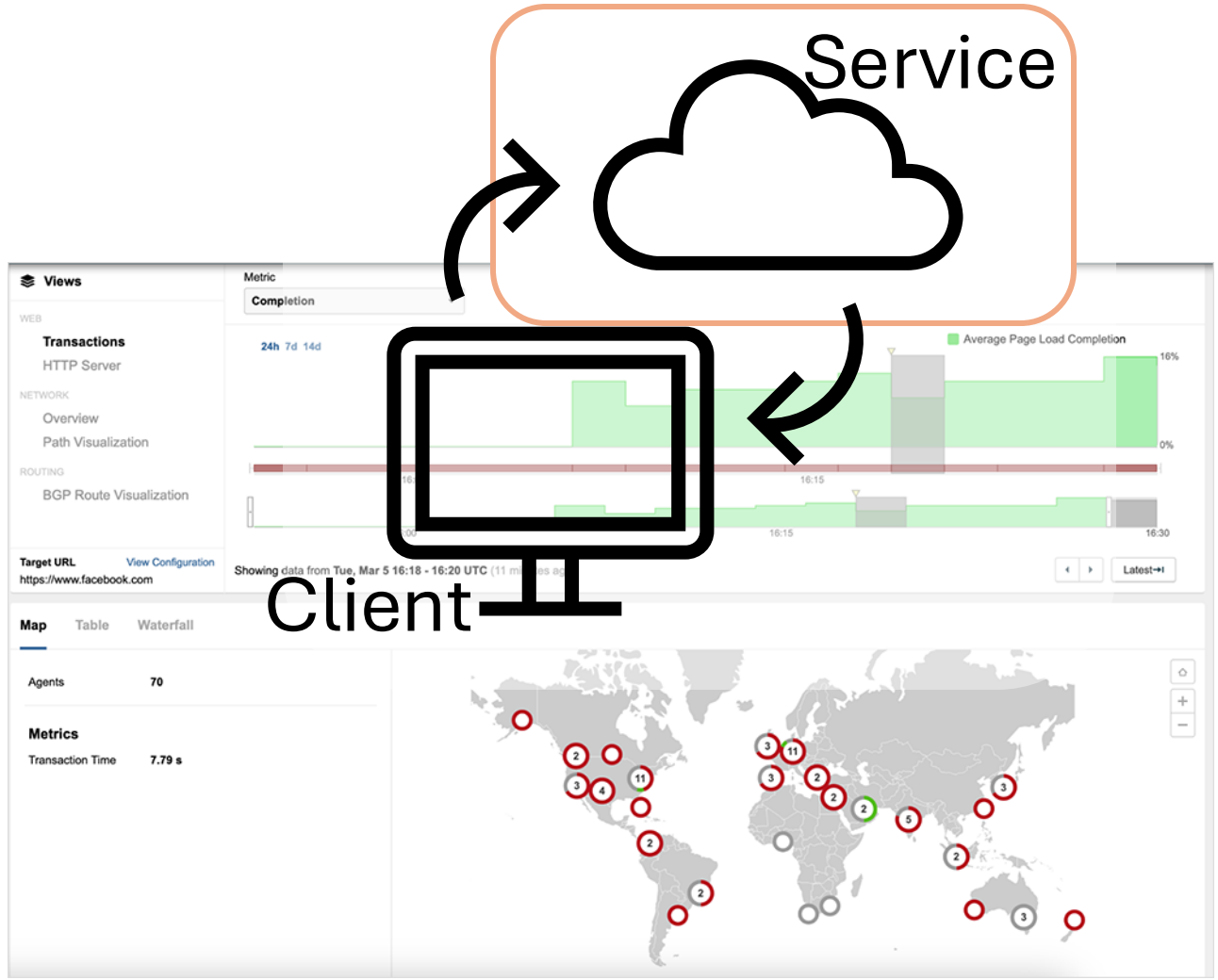
The Top Internet Outages of 2024: Analyses and Takeaways

By Internet Research Team | January 21, 2025 | 12 min read

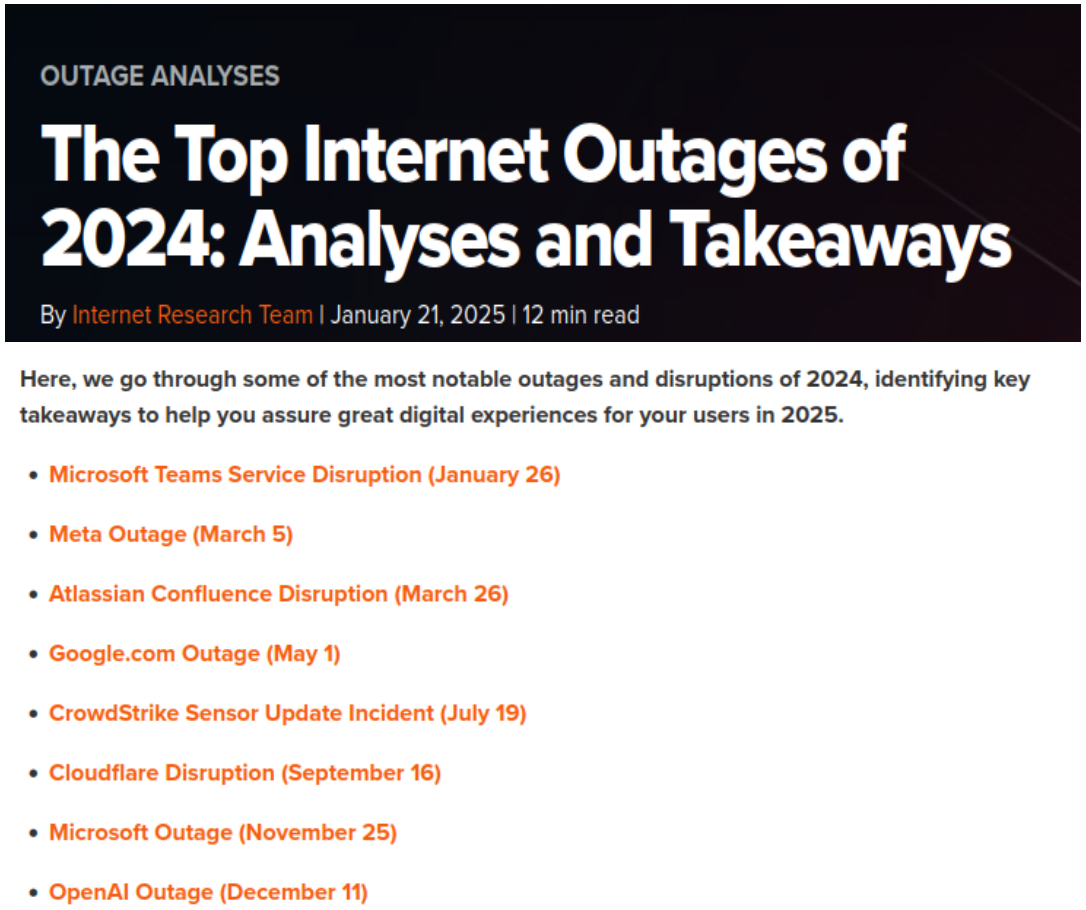
Here, we go through some of the most notable outages and disruptions of 2024, identifying key takeaways to help you assure great digital experiences for your users in 2025.

- Microsoft Teams Service Disruption (January 26)
- Meta Outage (March 5)
- Atlassian Confluence Disruption (March 26)
- Google.com Outage (May 1)
- CrowdStrike Sensor Update Incident (July 19)
- Cloudflare Disruption (September 16)
- Microsoft Outage (November 25)
- OpenAI Outage (December 11)

- https://www.thousandeyes.com/blog/top-internet-outages-2024#Microsoft-Teams-Disruption



Internetausfälle - Services



OUTAGE ANALYSES

The Top Internet Outages of 2024: Analyses and Takeaways

By Internet Research Team | January 21, 2025 | 12 min read

Here, we go through some of the most notable outages and disruptions of 2024, identifying key takeaways to help you assure great digital experiences for your users in 2025.

- Microsoft Teams Service Disruption (January 26)
- Meta Outage (March 5)
- Atlassian Confluence Disruption (March 26)
- Google.com Outage (May 1)
- CrowdStrike Sensor Update Incident (July 19)
- Cloudflare Disruption (September 16)
- Microsoft Outage (November 25)
- OpenAI Outage (December 11)

- https://www.thousandeyes.com/blog/top-internet-outages-2024#Microsoft-Teams-Disruption

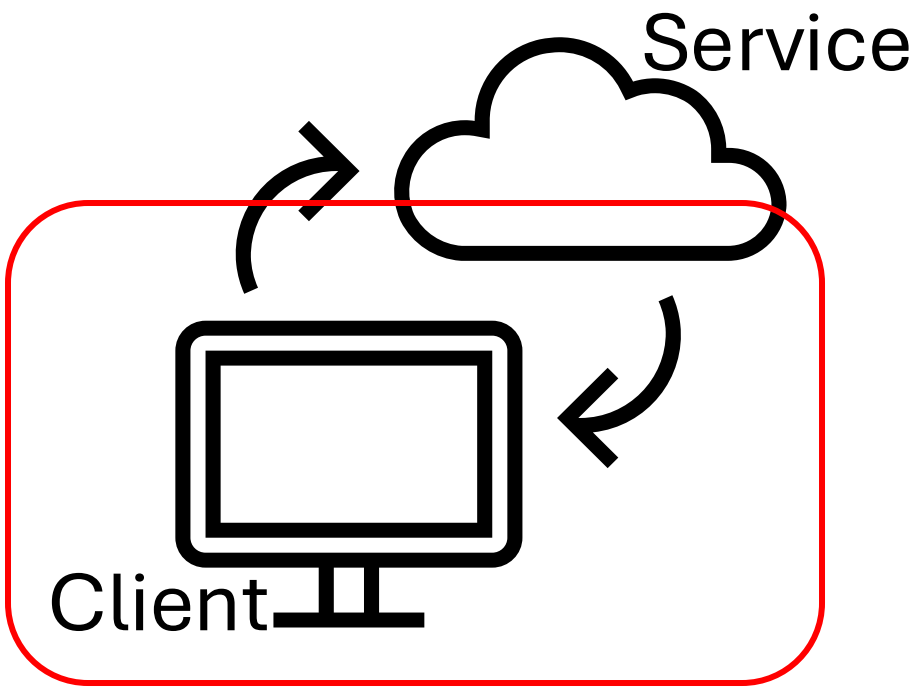
Ursachen

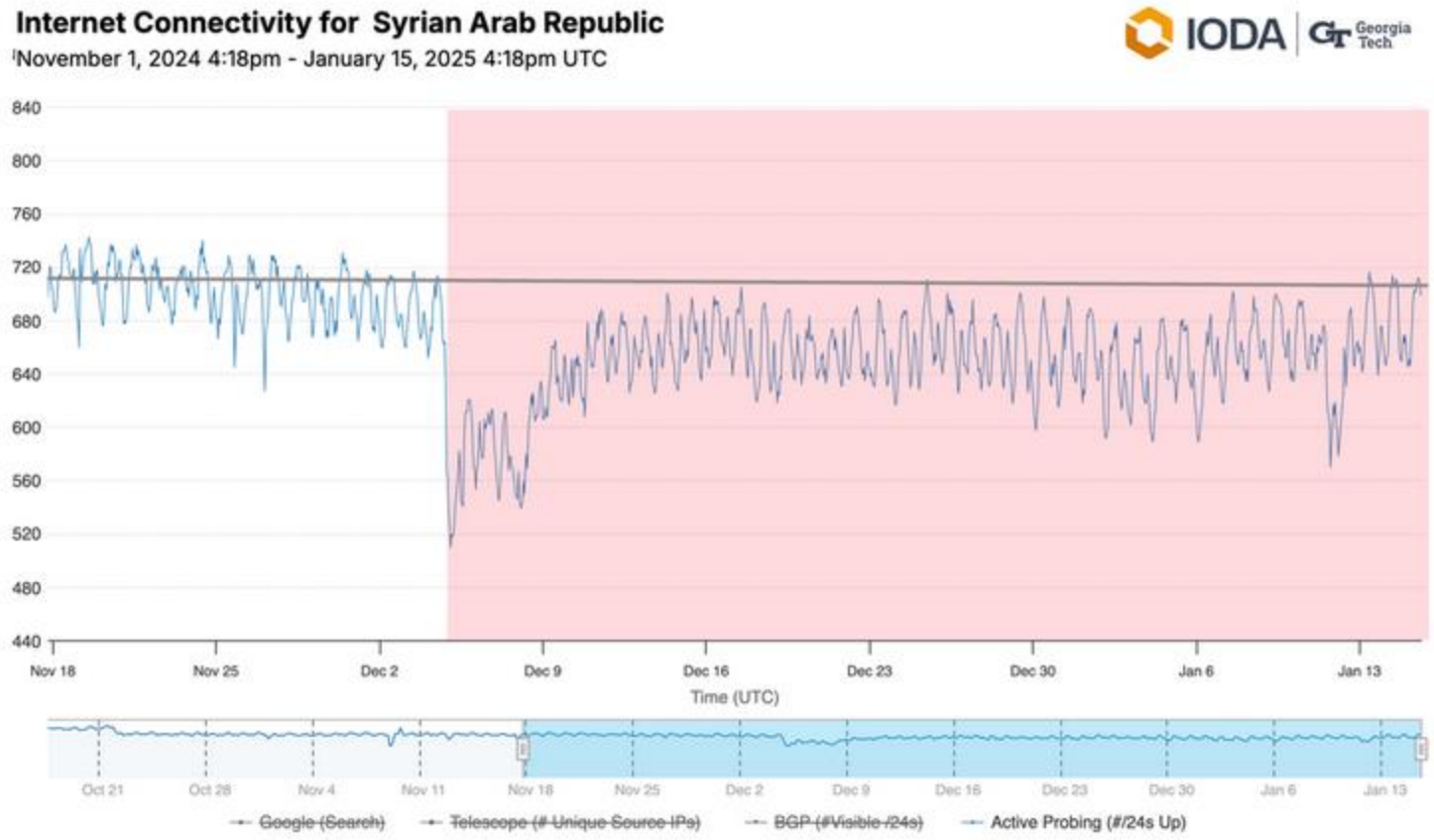
⚙️ Teams (7h): Internes Netzwerkproblem

⚙️ Meta (4h): Dependency Fehler bei Login-Dienst

⚙️ CrowdStrike (2h): BSOD after unvalidated update –> out of bounds memory read

Unser Fokus





https://ioda.inetintel.cc.gatech.edu/country/SY?from=1732983534&until=1736957934

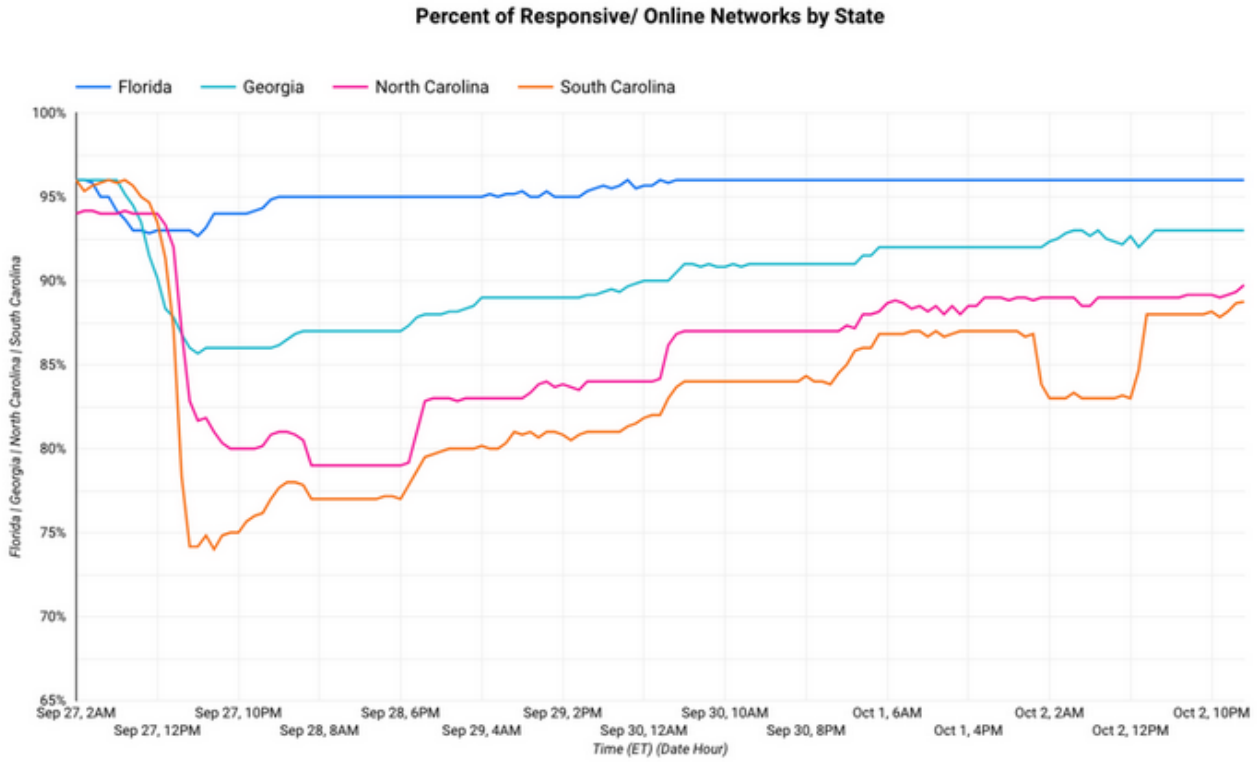
Internetausfälle

Ursachen

- 🌊 Naturkatastrophen
- 🪖 Konflikte
- 🤐 Zensur

Folgen

- ⚡ Stromausfälle
- 🚧 Schaden an der Netzwerkinfrastruktur
- 🛑 Einstellen des Betriebes

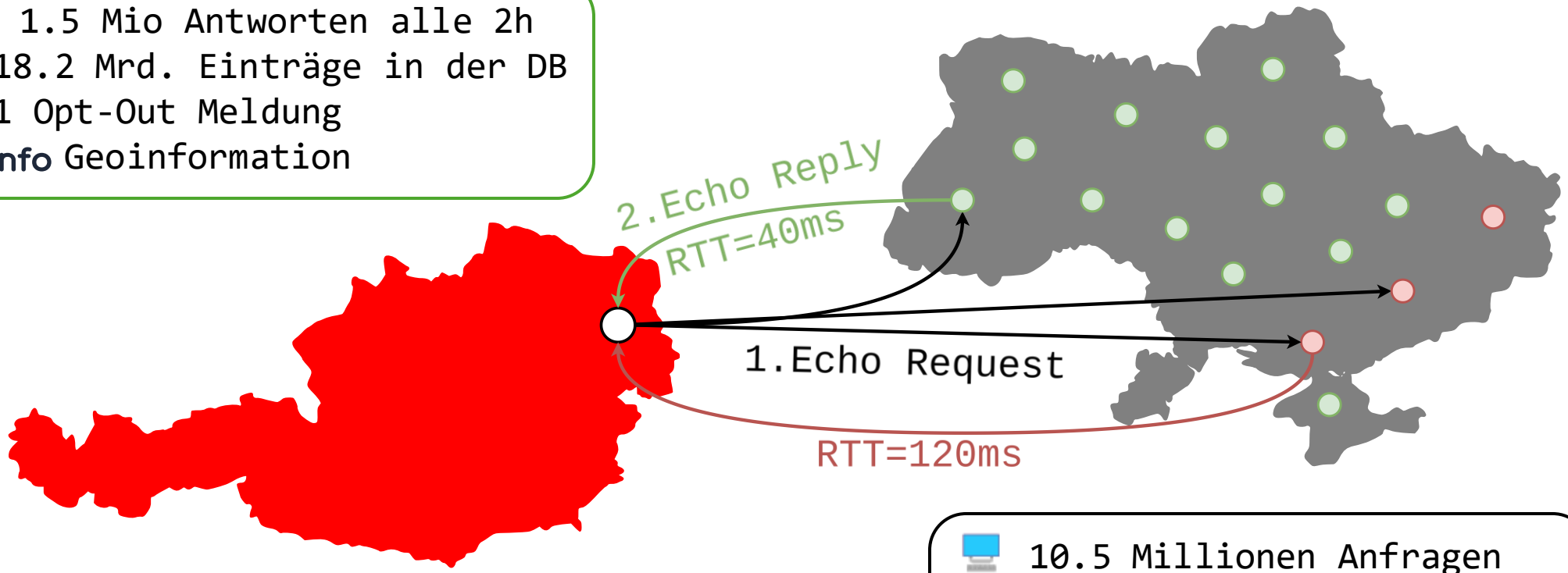


Active Probing signals for Florida, Georgia, North Carolina, and South Carolina from the IODA platform show South Carolina's Internet infrastructure connectivity was most impacted.

- https://ioda.inetintel.cc.gatech.edu/reports/hurricane-helene-internet-connectivity/

Von Österreich zur Ukraine und zurück ...

ø 1.5 Mio Antworten alle 2h
18.2 Mrd. Einträge in der DB
1 Opt-Out Meldung
IPinfo Geoinformation



aim.sba-research.org

10GbE

next layer

10.5 Millionen Anfragen
8,000 Pakete pro Sekunde
36 Minuten Durchlaufzeit
500 KB/s Datenrate

Von Ping zu Ausfallssignal

Timestamp	IP	
2022-03-02 10:00	193.151.240.1	✅
2022-03-02 12:00	193.151.240.1	✅
2022-03-02 14:00	193.151.240.1	✅
2022-03-02 16:00	193.151.240.1	✅
2022-03-02 18:00	193.151.240.1	
2022-03-02 20:00	193.151.240.1	✅
2022-03-02 22:00	193.151.240.1	✅

Von Ping zu Ausfallssignal

Timestamp	IP	
2022-03-02 10:00	193.151.240.1	✅
2022-03-02 12:00	193.151.240.1	✅
2022-03-02 14:00	193.151.240.1	✅
2022-03-02 16:00	193.151.240.1	✅
2022-03-02 18:00	193.151.240.1	
2022-03-02 20:00	193.151.240.1	✅
2022-03-02 22:00	193.151.240.1	✅

Fehler eines einzelnen Hosts?
Host Offline?

Von Ping zu Ausfallssignal: Block-basiert

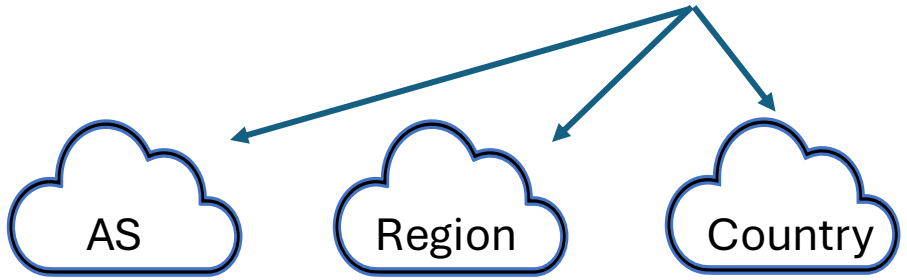
Timestamp	IP	/24
2022-03-02 10:00	193.151.240.1	193.151.240
2022-03-02 10:00	193.151.240.112	193.151.240
2022-03-02 10:00	193.151.240.13	193.151.240
2022-03-02 10:00	193.151.240.15	193.151.240
2022-03-02 14:00	193.151.240.1	193.151.240
2022-03-02 14:00	193.151.240.112	193.151.240
2022-03-02 14:00	193.151.240.15	193.151.240

→ 1. IPs -> /24 Blöcke

Von Ping zu Ausfallssignal: Block-basiert

Timestamp	IP	/24
2022-03-02 10:00	193.151.240.1	193.151.240
2022-03-02 10:00	193.151.240.112	193.151.240
2022-03-02 10:00	193.151.240.13	193.151.240
2022-03-02 10:00	193.151.240.15	193.151.240
2022-03-02 14:00	193.151.240.1	193.151.240
2022-03-02 14:00	193.151.240.112	193.151.240
2022-03-02 14:00	193.151.240.15	193.151.240

Timestamp	/24	
2022-03-02 10:00	193.151.240	✅
2022-03-02 12:00	193.151.240	❌
2022-03-02 14:00	193.151.240	✅



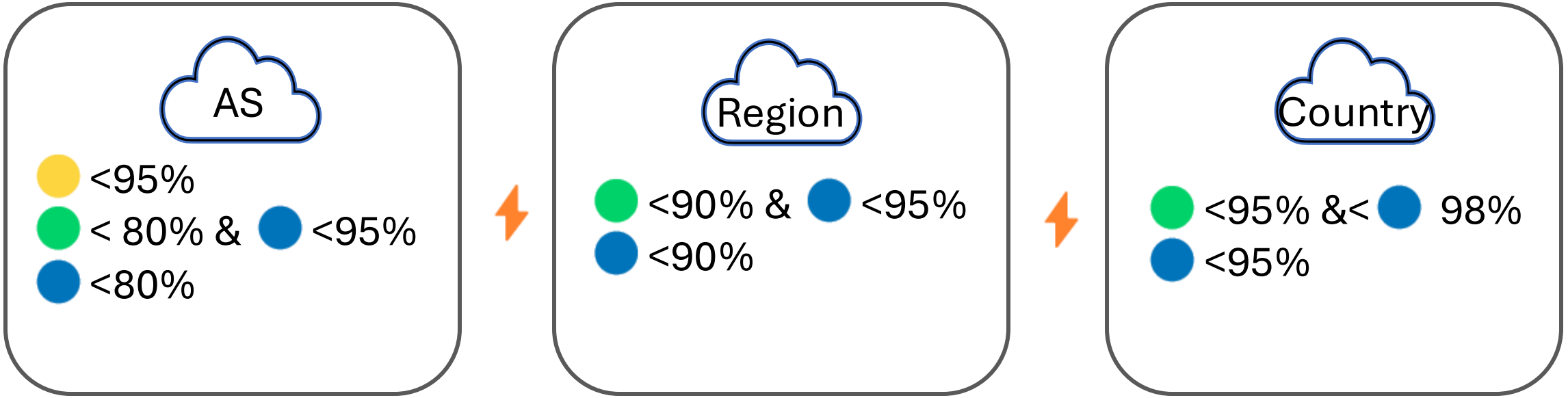
ROUTE VIEWS 6447

IPinfo

Von Ping zu Ausfallssignal: Block-basiert

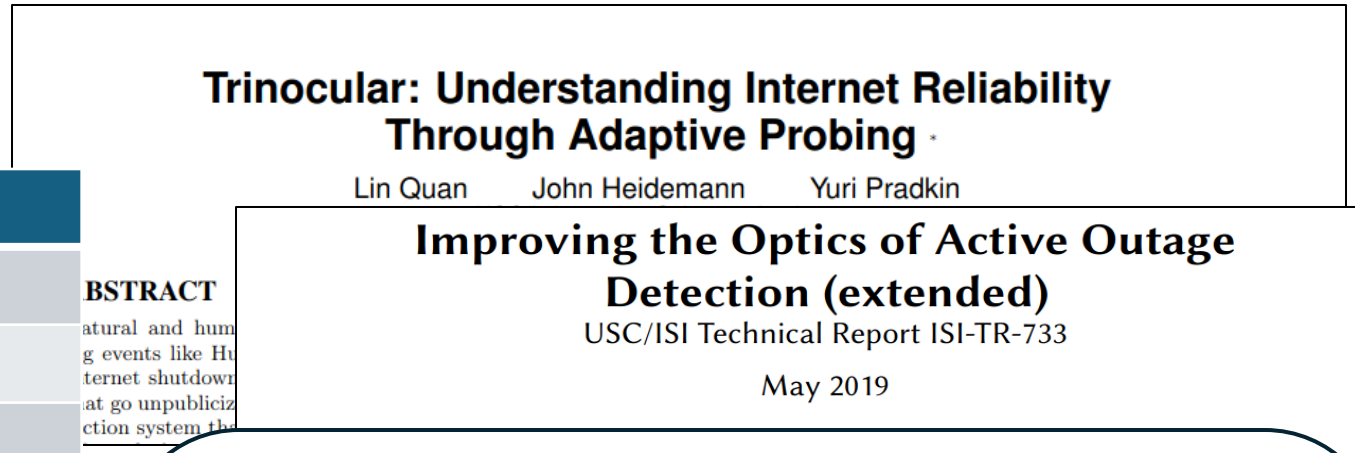
Timestamp	/24	
2022-03-02 10:00	193.151.240	✅
2022-03-02 12:00	193.151.240	❌
2022-03-02 14:00	193.151.240	✅

- Routed /24s
- Active /24s
- Responsive IPs



Was unterscheidet uns von IODA?

Timestamp	IP	/24
2022-03-02 10:00	193.151.240.1	193.151.240
2022-03-02 10:00	193.151.240.112	193.151.240
2022-03-02 10:00	193.151.240.13	193.151.240
2022-03-02 10:00	193.151.240.15	193.151.240
2022-03-02 14:00	193.151.240.1	193.151.240
2022-03-02 14:00	193.151.240.112	193.151.240
2022-03-02 14:00	193.151.240.15	193.151.240


Trinocular: Understanding Internet Reliability Through Adaptive Probing

Lin Quan John Heidemann Yuri Pradkin

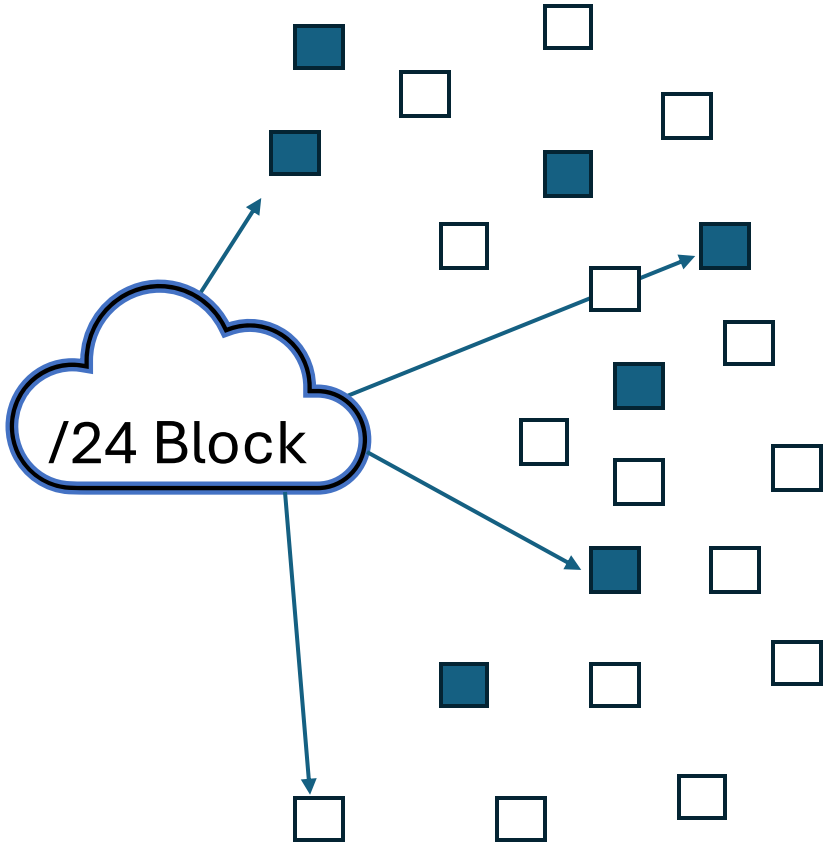
Improving the Optics of Active Outage Detection (extended)

USC/ISI Technical Report ISI-TR-733

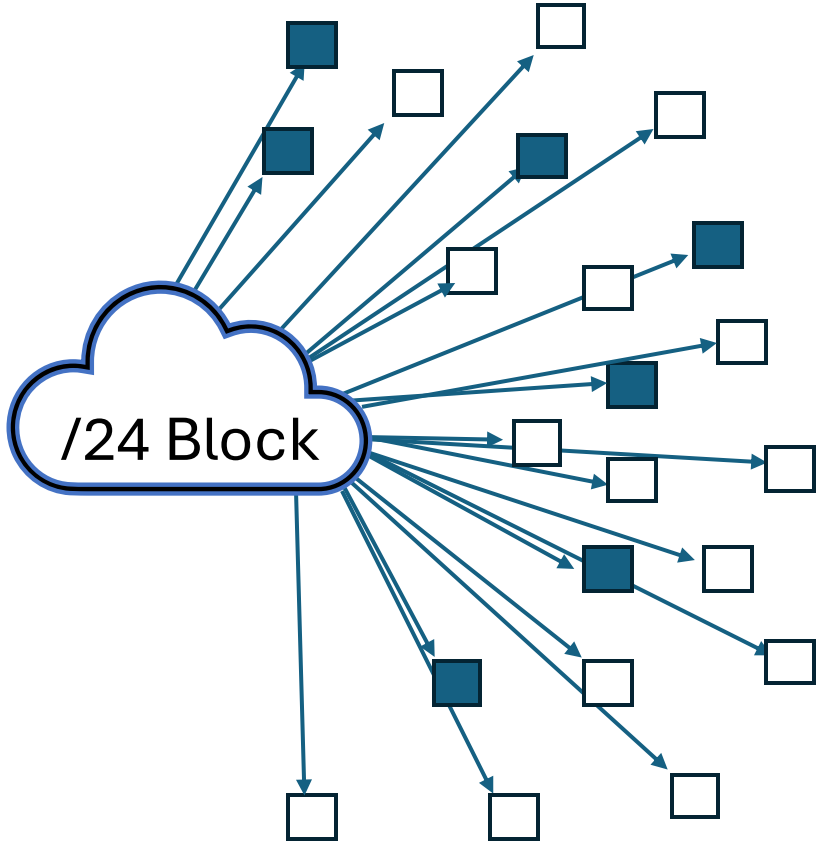
May 2019

1) **Aggregation:** IPs zu /24-Blöcken
2) **Verfügbarkeit:** Durchschnittliche Antwortquote pro Block
   - **Beispiel:** 0.6 → 60 % Antwortquote über x Monate/Jahre
3) **Ausfallssignal:**
   - **IODA:** Verfügbarkeit > 0.1, ≥ 15 IPs
   - **Full Block Scans:** ≥ 3 IPs

IODA benutzt Trinocular

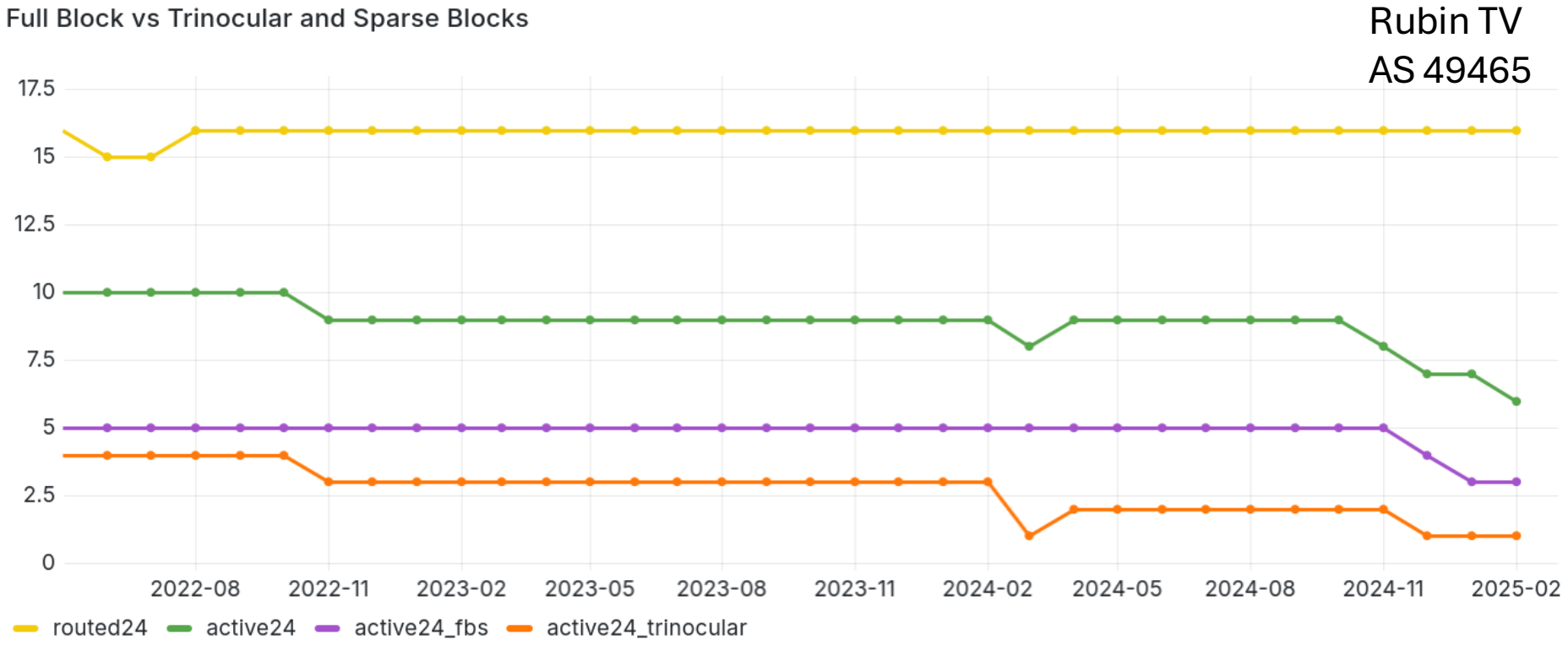


CountryMonitor Full Block Scans



Regional Provider

Rubin TV
AS 49465



CountryMonitor Pipeline

Messung

RIPE NCC
RIPE NETWORK COORDINATION CENTRE

zmap

1) RIR Delegations als Input
2) ICMP Scan
   RTT Extension

Aufbereitung

QuestDB

1) Time Series DB
   - IP zu ASN, Geolocation

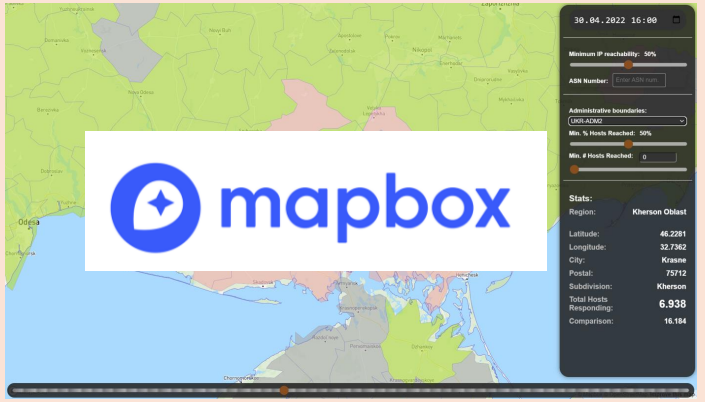
ROUTE VIEWS 6447

IPinfo

Visualisierung

Grafana

Streamlit



Ukraine Übersicht

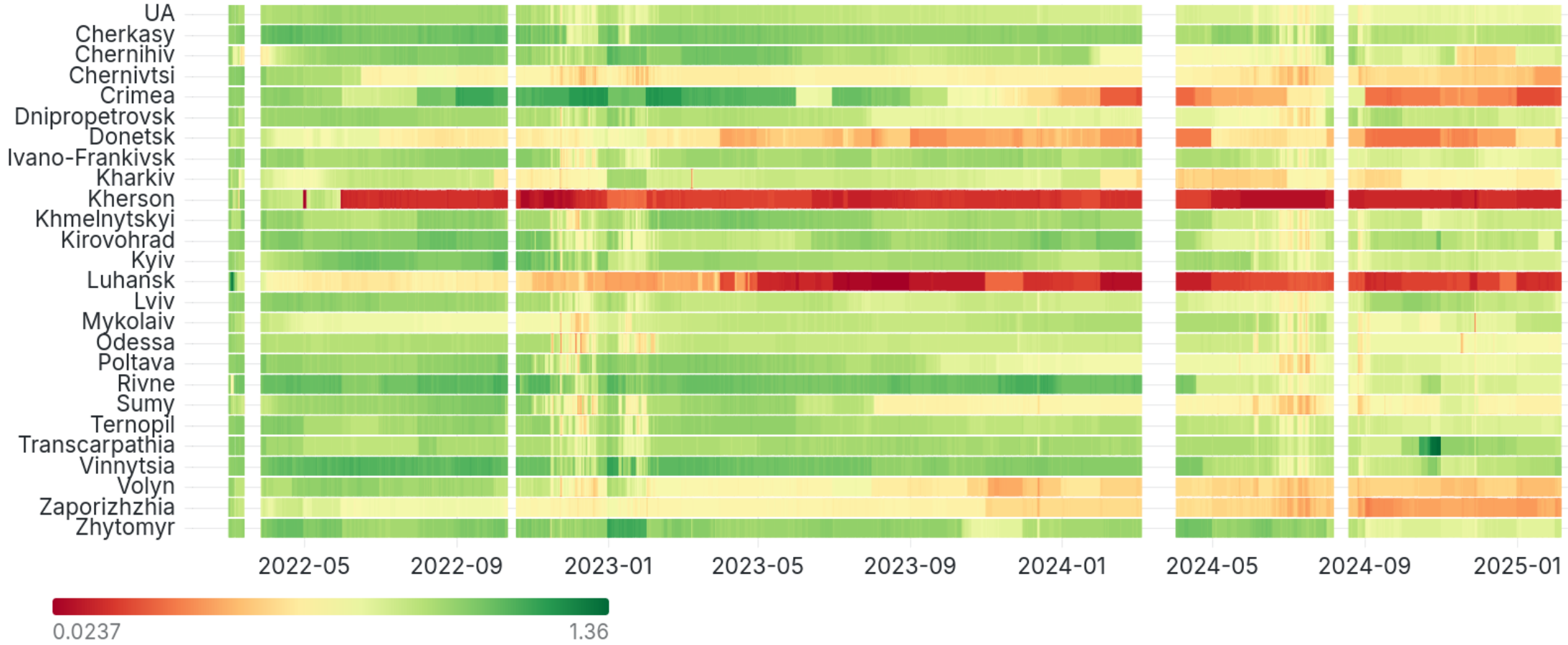


Abbildung 1: Summe der antwortenden IP-Adressen pro Verwaltungseinheit (Oblast) relativ zu Messbeginn des Oblasts

Ukraine Übersicht

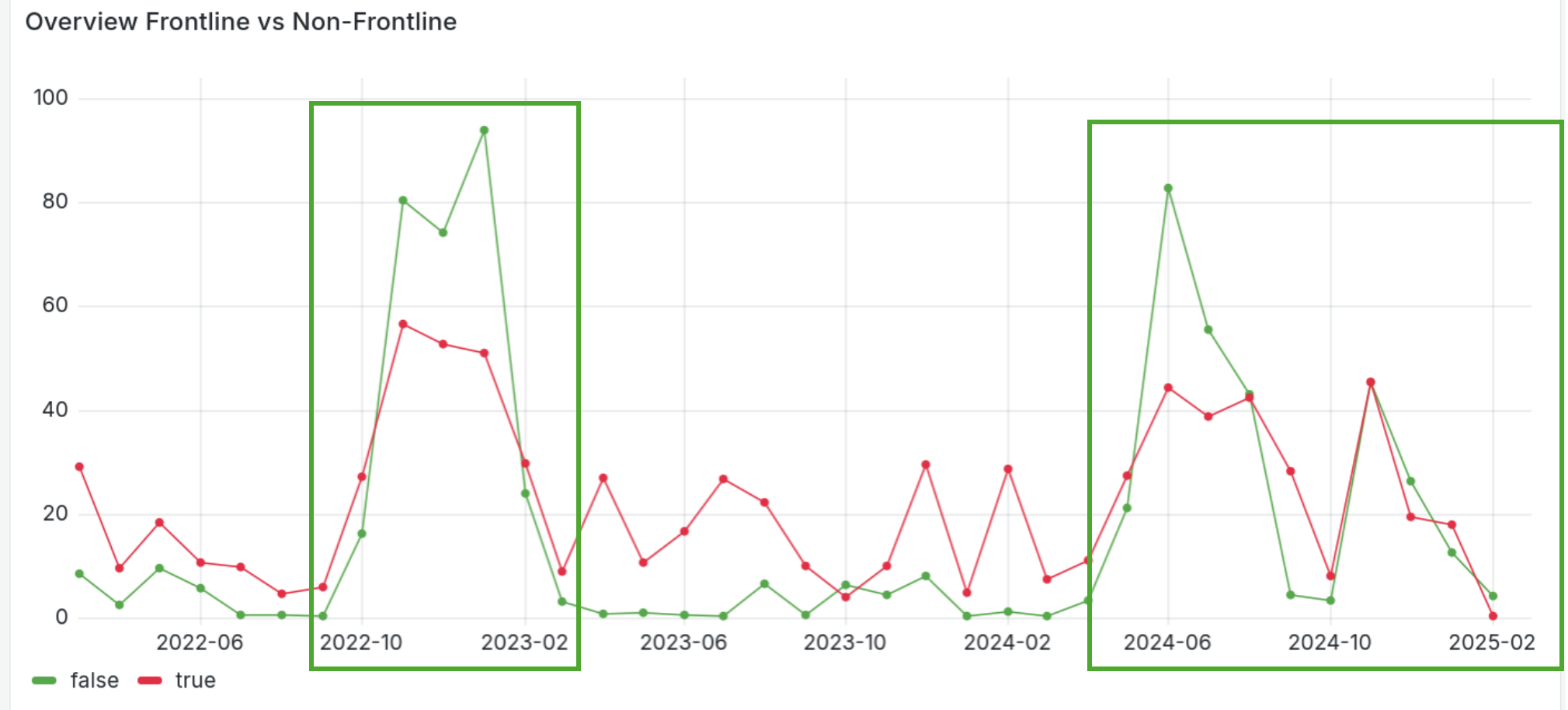


Abbildung 1: Durchschnittliche Anzahl der 2h Intervalle mit Internet-Ausfällen pro Monat in Oblasts an der Frontlinie vs Nicht-Frontline

Kherson Oblast

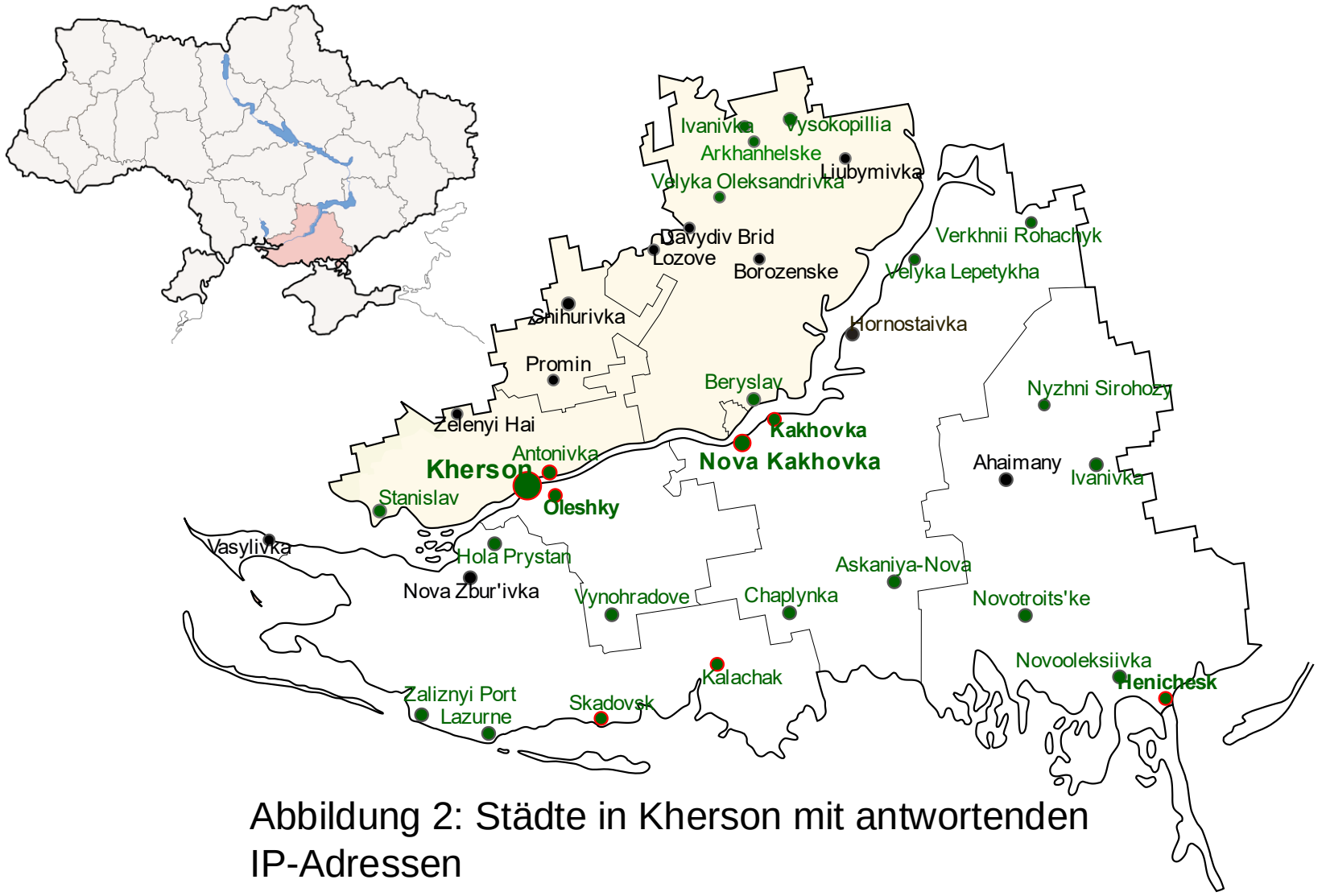


Abbildung 2: Städte in Kherson mit antwortenden IP-Adressen

- 49/51 Städte März 2022
- 13/22 Städte Jänner 2024
- Rückerobertes Gebiet

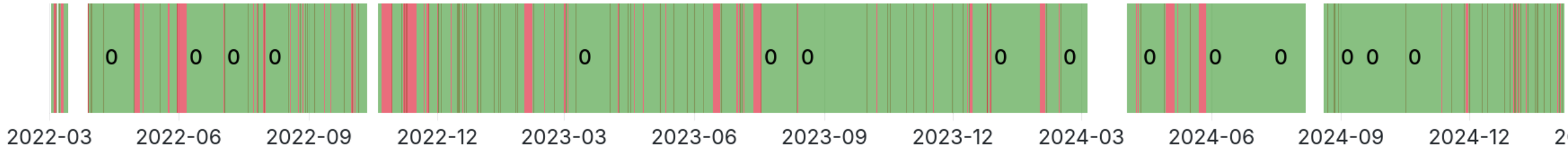
Kherson Oblast

Kherson Stadt erobert

Rerouting regionaler ISPs

Zerstörung Kakhovka Staudamm

Vermehrt Stromausfälle



Druck auf lokale ISPs

Gegenoffensive und Zerstörung kritischer Infrastruktur

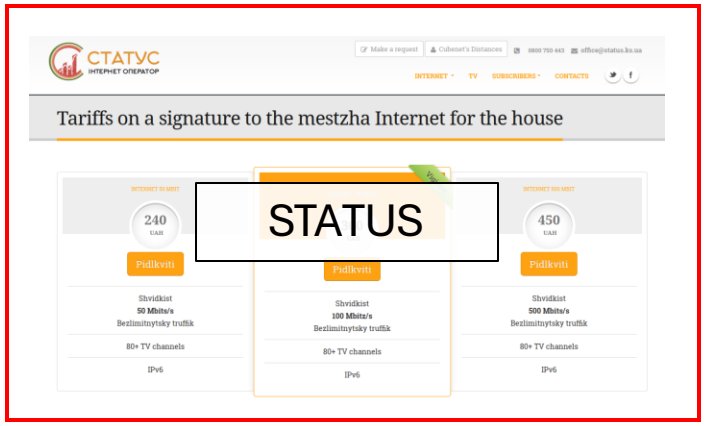
Kherson Stadt wieder in Reichweite von Artillerie und FPV Drohnen

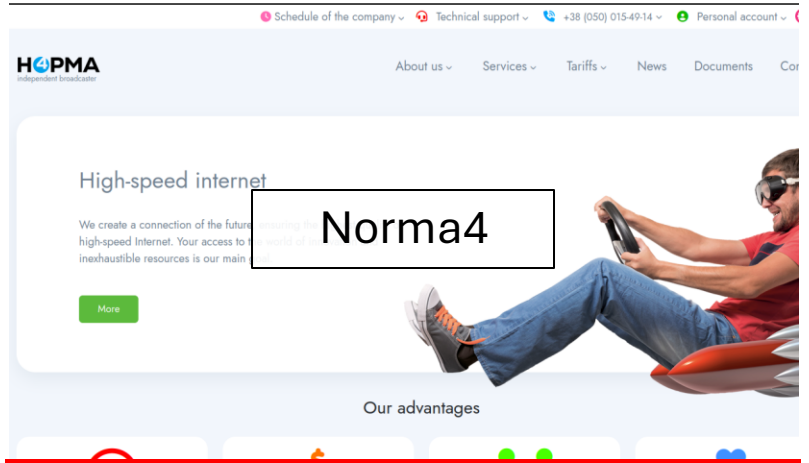
Kennzahl	2022/03	2023/02	2024/02
Einwohner	330K	70K (21%)	50K (15%)
Avg Responsive IPs	13K	3K (23%)	2.5K (19%)
Regional ISPs	12	10	8 (now 7)
ISP "STATUS" Subscribers	-	-	20%

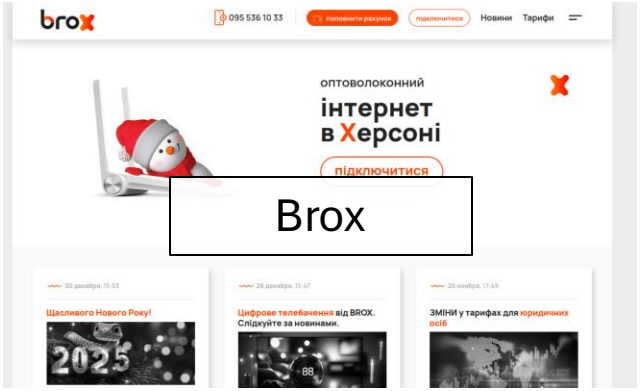
Stadt Kherson

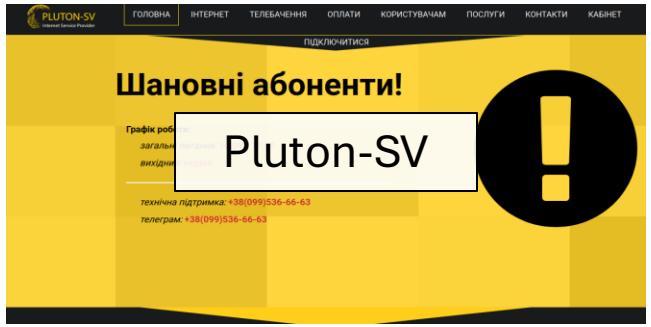
ISPs in Kherson Stadt – Service bis 2025

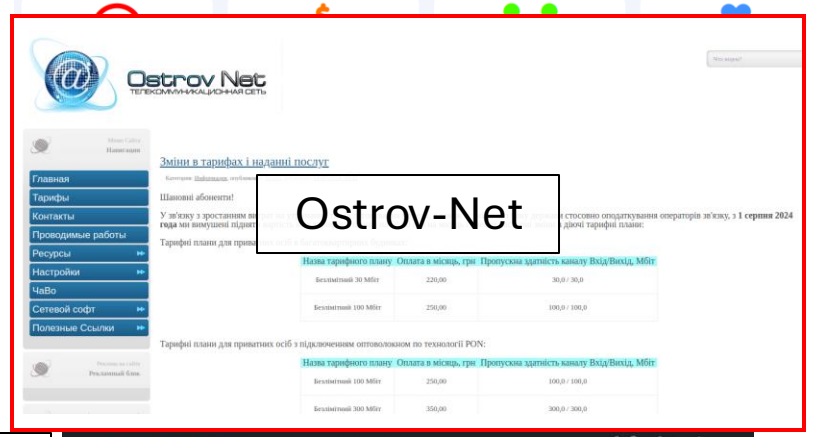
REGIONAL



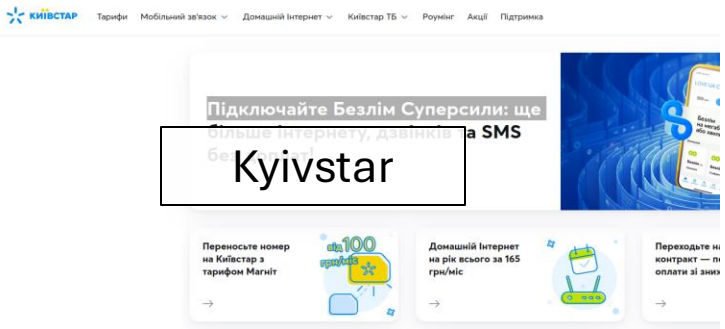


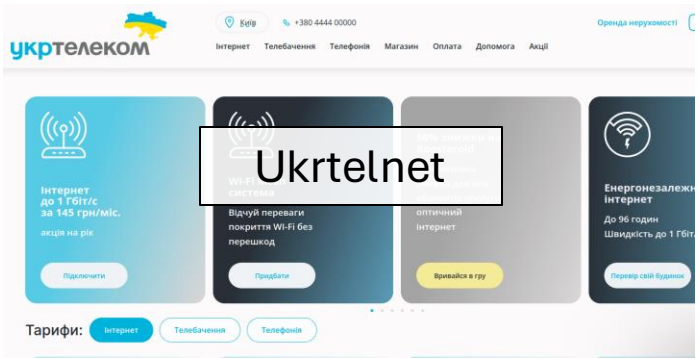






MOBILE





NATIONAL

ISPs in Kherson Stadt – IODA

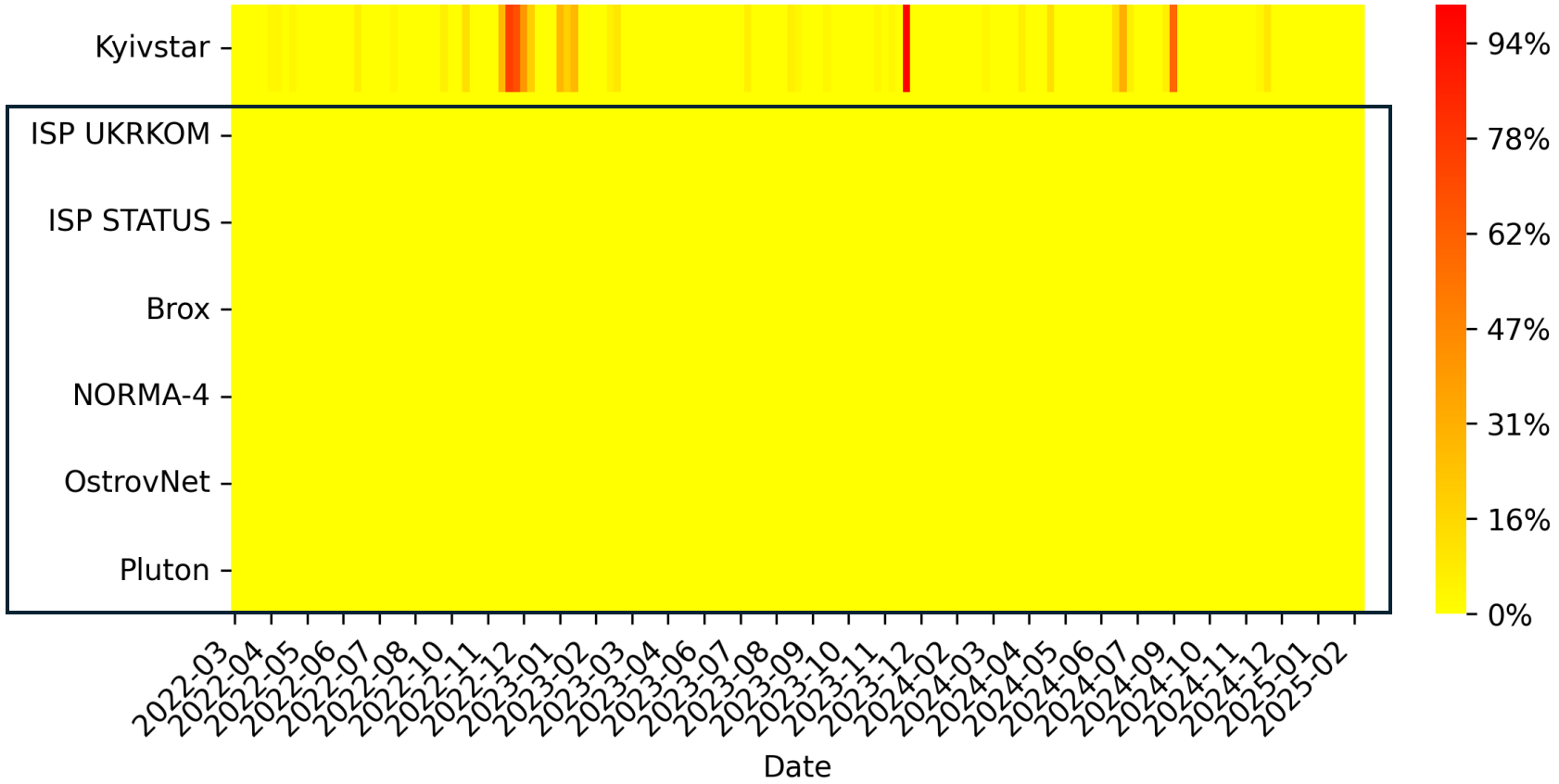
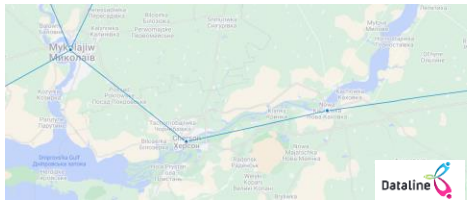


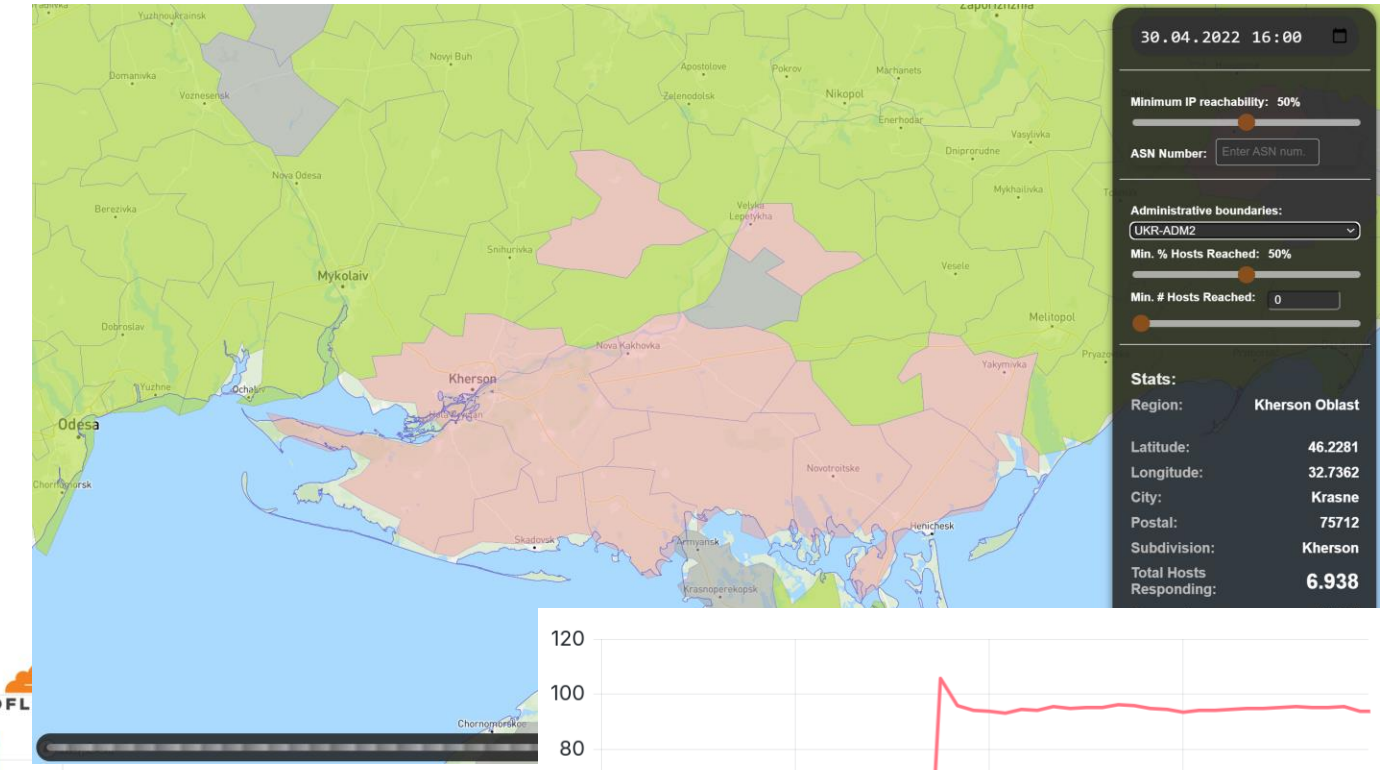
Abbildung: Wöchentlich aggregierte Ausfälle (Prozent der Wochentage) gemeldet von IODA zu ASNs in Kherson, Ausfälle zu lokalen ISPs nicht vorhanden

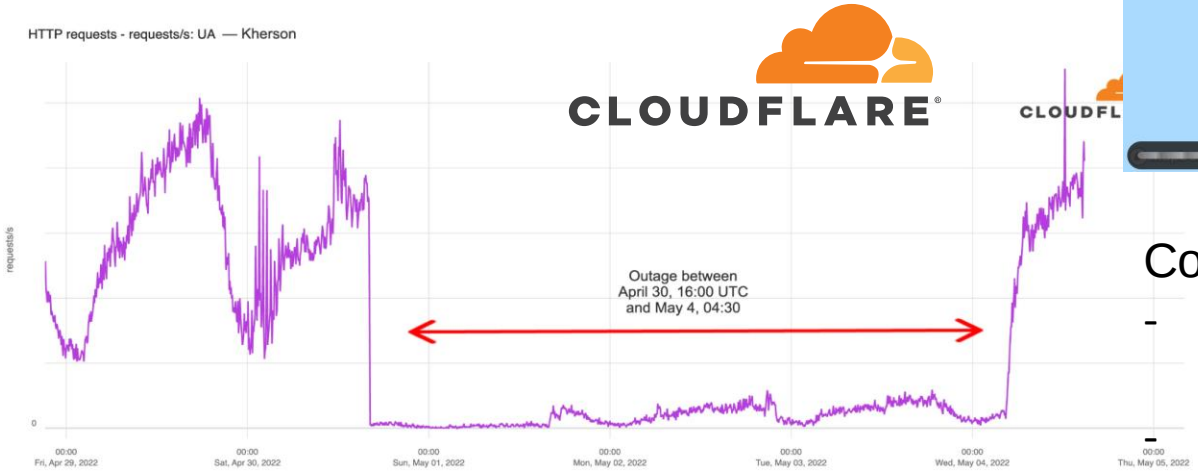
30.04.2022 Mehrtägiger Internet Ausfall

Vorfall: Schaden an Glasfaser-Hauptleitung (Mykolaiv Kabel) - Meldung SkyNet Betreiber

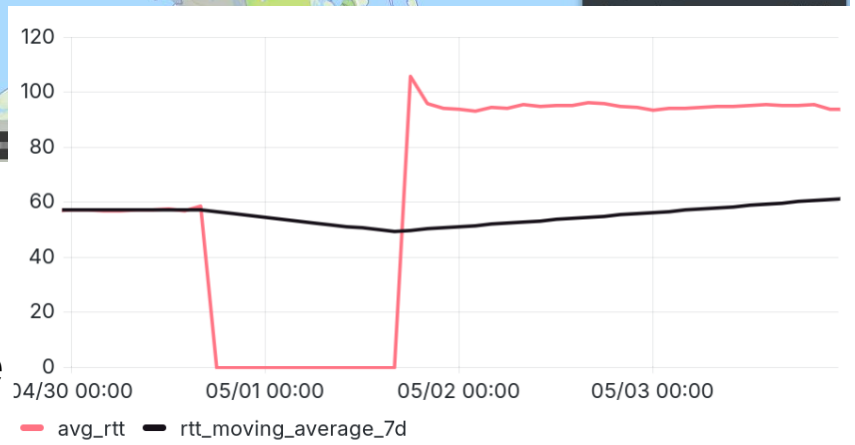


CountryMonitor
- Anzahl der antwortenden IP-Adressen halbiert

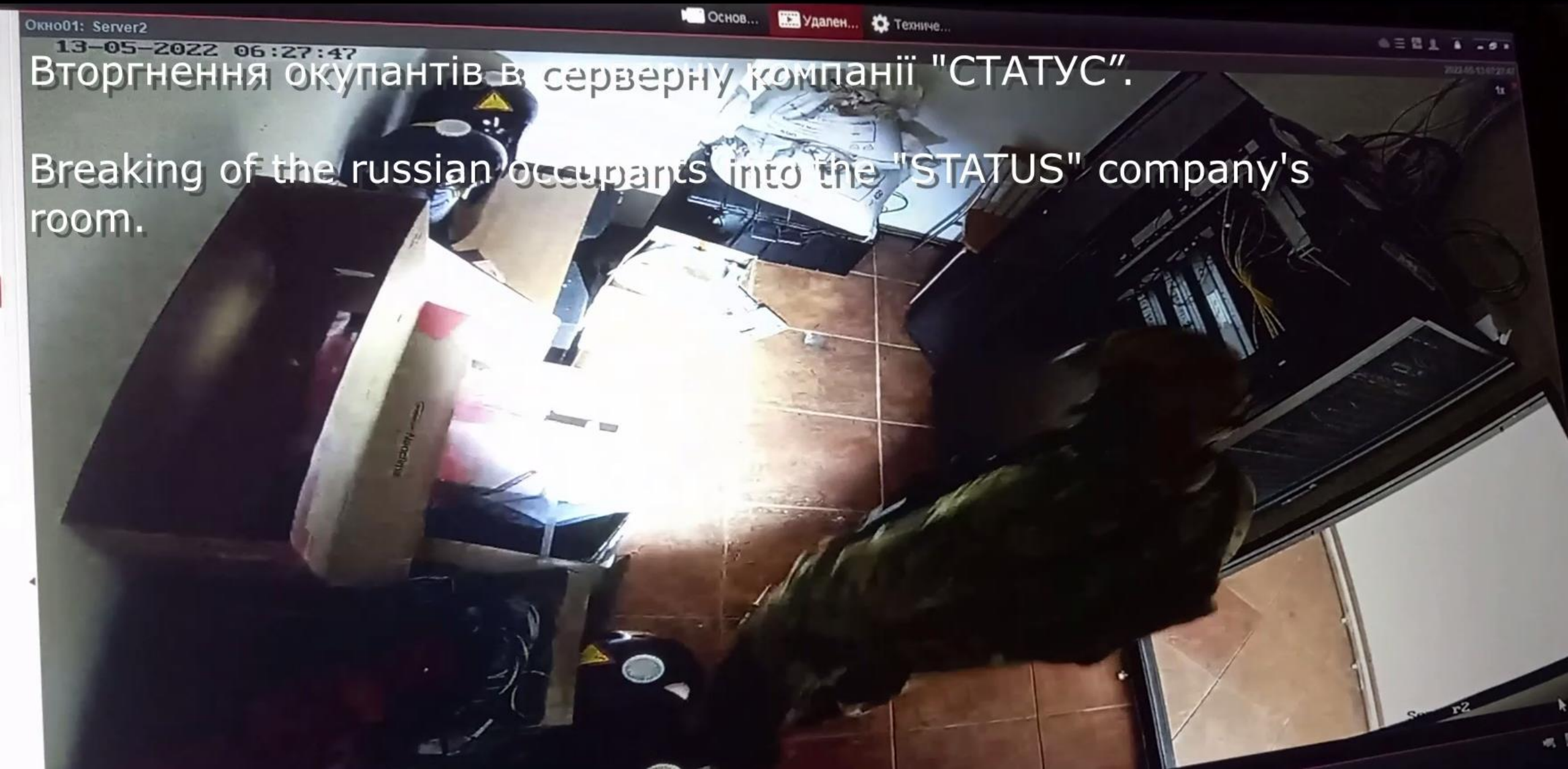




CountryMonitor:
- SkyNet (AS47598) bereits 05-01 online
- Upstream Miranda



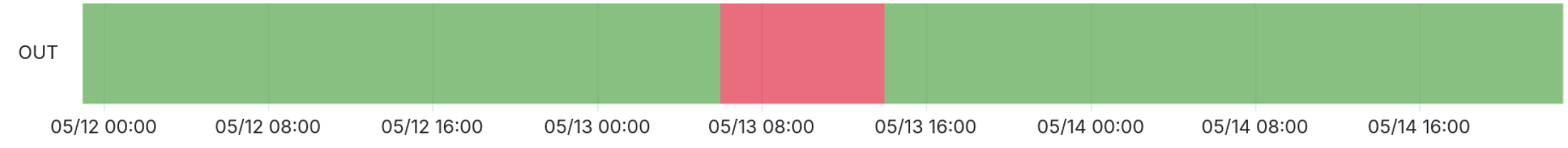
13.05.2022

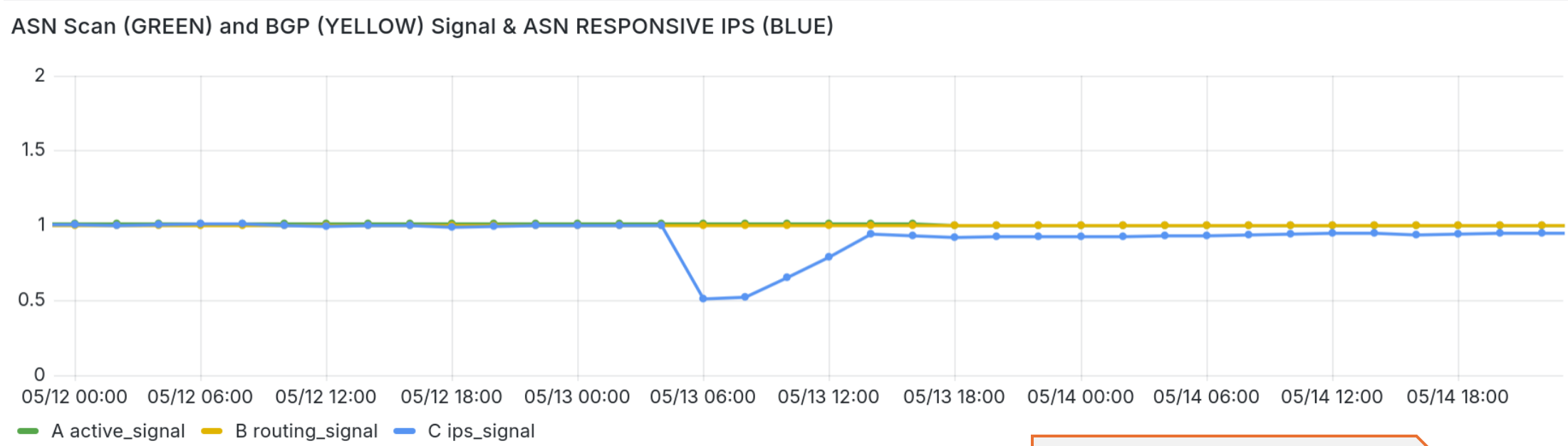


Вторгнення окупантів в серверну компанії "СТАТУС".

Breaking of the russian occupants into the "STATUS" company's room.

13.05.2022 "STATUS" ISP

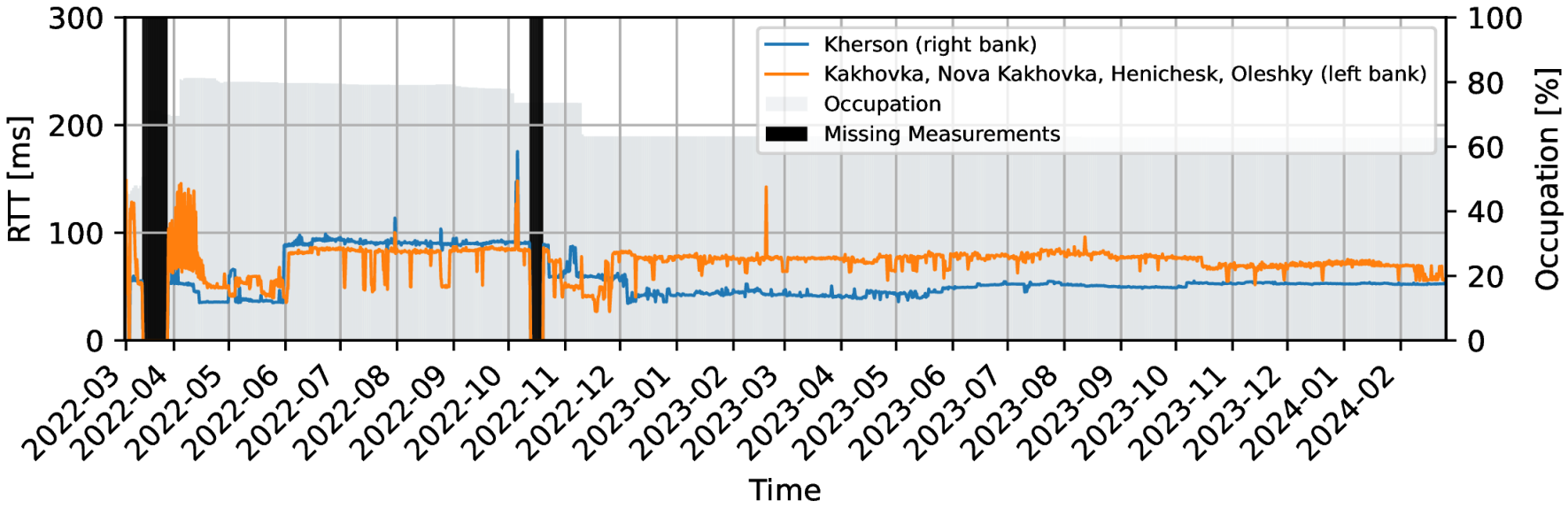




CountryMonitor: Abnahme der responsive IPs für ASN 25482 (STATUS ISP) zur gleichen Zeit wie der Vorfall

Vorfall: Russische Soldaten plündern STATUS Büro

Juni - Nov/2022 Übernahme des Internets



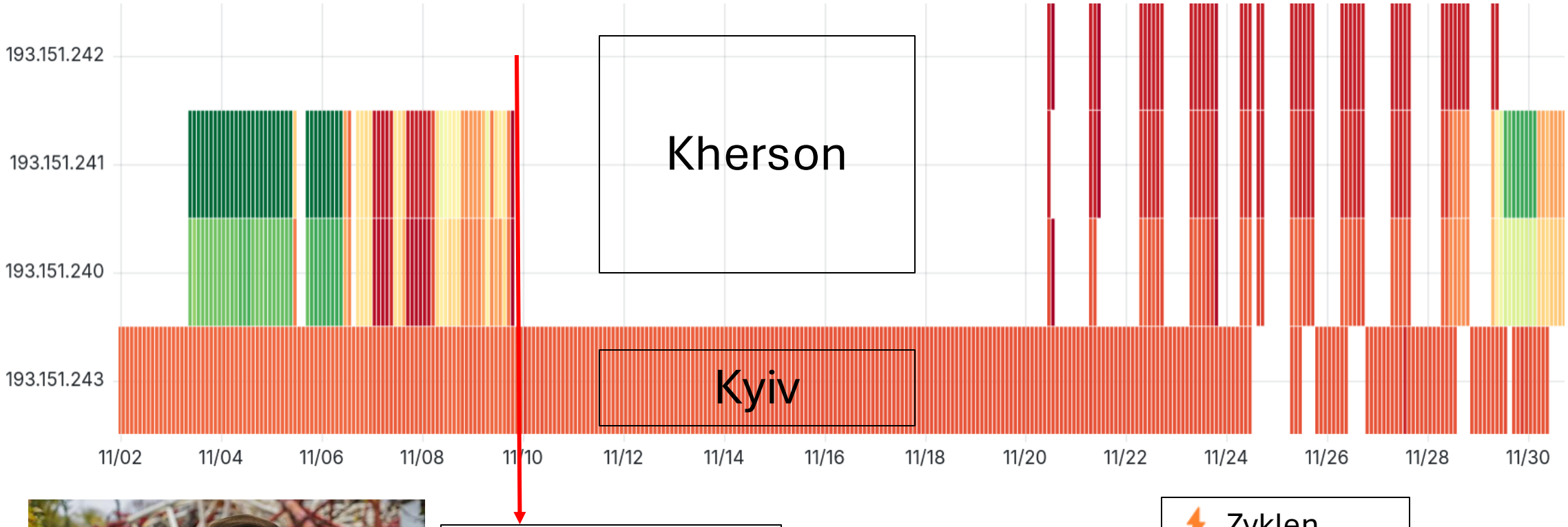
CountryMonitor

- Langfristige Änderung der Paketumlaufzeiten ab **Juni 2022**
- Unterschied Rechtes & linkes Ufer des Dnipro

Lokale ISPs gezwungen auf russische Infrastruktur umzustellen

Nov/Dez 2022 Kherson Stadt läuft mittels Generatoren

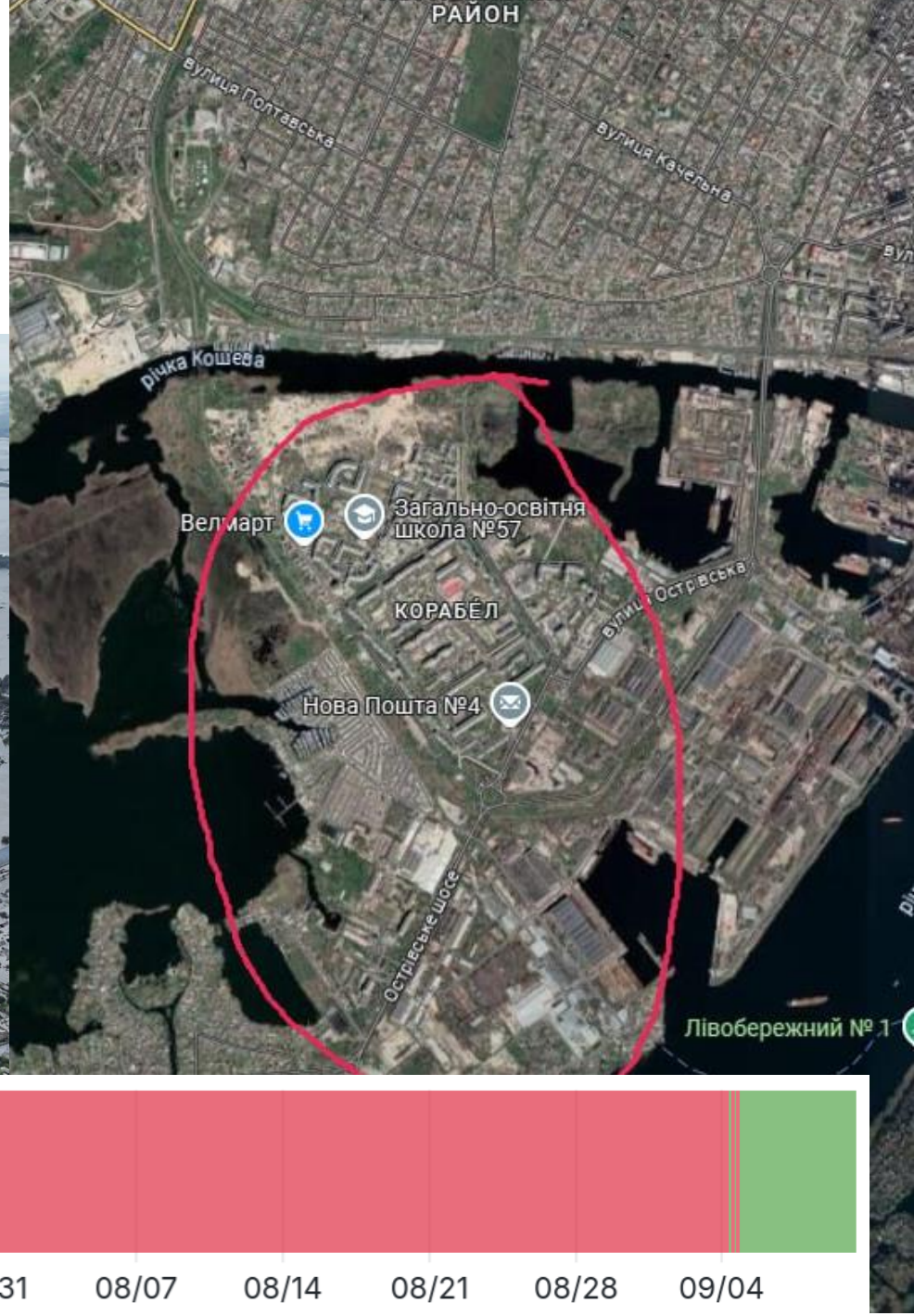
ISP "STATUS"

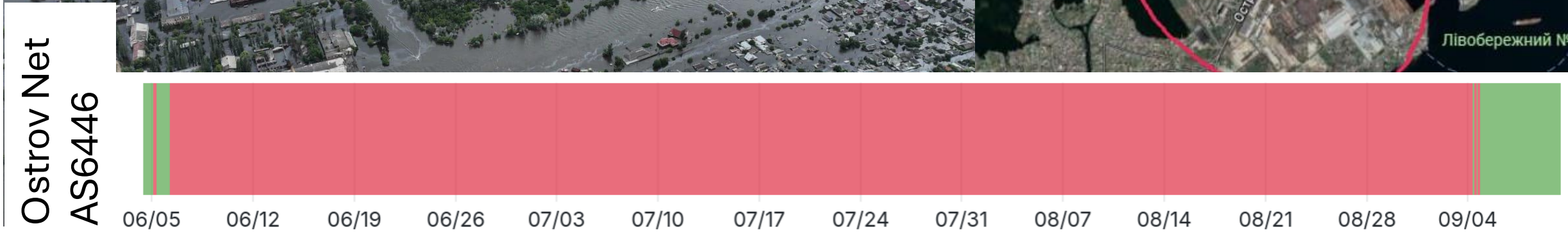


Russische Truppen zerstören kritische Infrastruktur bei Rückzug

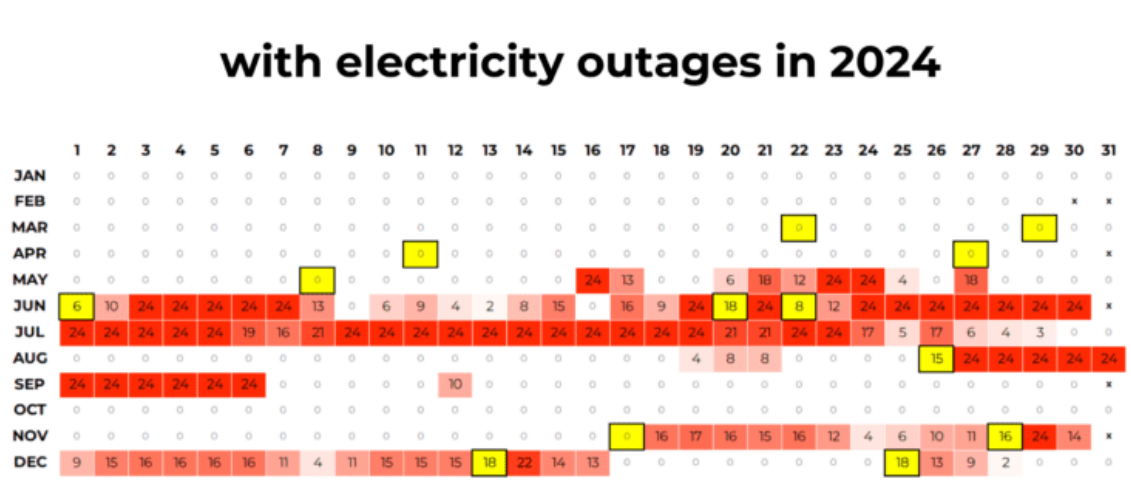
Zyklen
START: 08:00
ENDE: 18:00

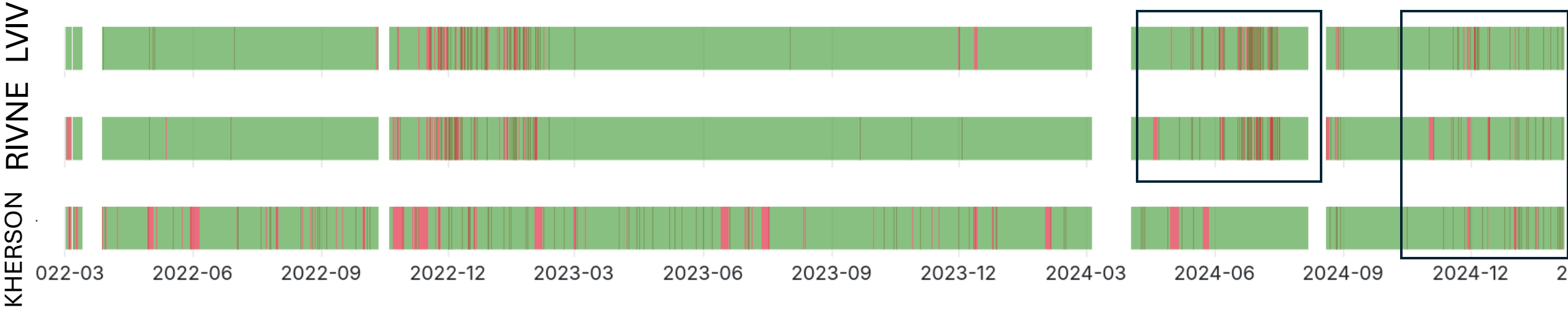
Jun/2023 Kakhovka Damm





2024 Vermehrte Angriffe auf Energie-Infrastruktur





Was hat geholfen?

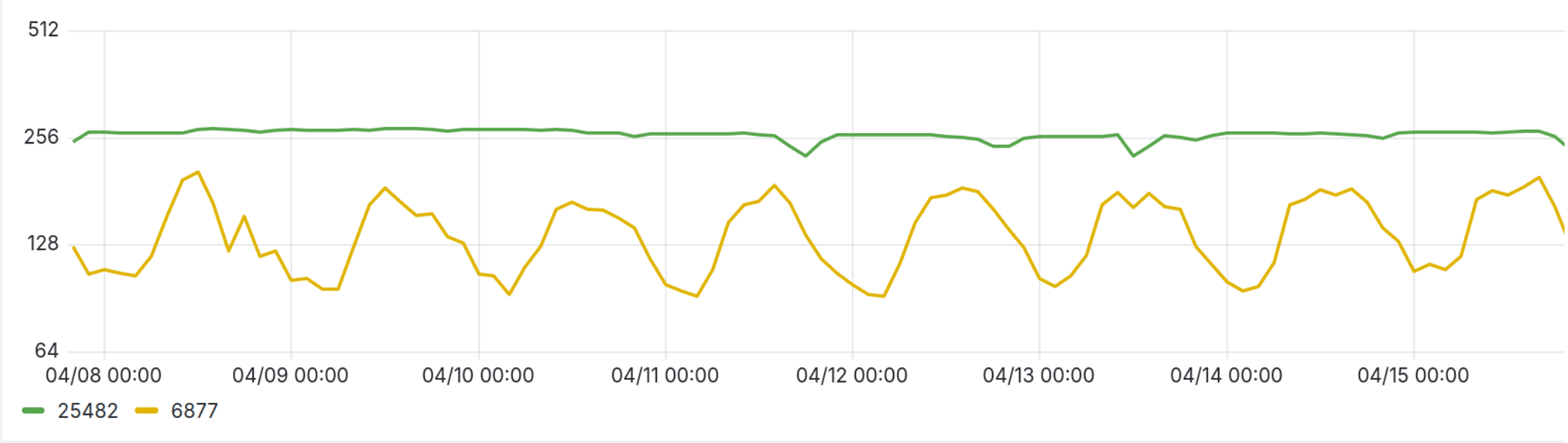
- Kherson blieb verbunden durch
  - Gute Vorbereitung
  - Endlose Reparaturen
  - Notstromversorgung
    - Generatoren
    - Batterien für ONUs und Heimrouter

Gute Vorbereitung?

- **Redundanz seit 2014**
  - Redundante Knoten
  - Transportkanäle von unterschiedlichen Suppliern
  - Stromversorgung
- PON-Netzwerk wurde seit 2016 aktiv ausgebaut
  - Kein Vendor-lock bei OLTs und ONUs
- Lokaler Internet Exchange (KS-IX)
  - In den ersten Monaten (März bis Mai)
  - Geteilter 10 GBit uplink im Notfall
- Dual Stack (Zensur)

CountryMonitor – Ausblick

- Signal beinhaltet mehrheitlich Provider Equipment -> NAT!
  - Besser vor Ausfällen geschützt als Heimrouter
  - Ausweitung der Scans auf IPv6
  - Methodik zum Sammeln von Heimrouter-Addressen



CountryMonitor: GRÜN - regionaler Provider STATUS vs GELB Ukrtelecom in Kherson (6-20 Uhr Zyklen)

Keep Ukraine Connected

Ukraine

- **Fiber repair tools (splicers, cleavers)**
- Starlink satellite systems
- **Power generators**
- Wifi access points
- Wifi P2P systems
- Access switches
- Core switches
- Routers
- Q/SFP modules
- Servers
- Walkie-Talkies

ISPs Kherson

- Optical cable
- Couplings, optical splitters, optical holders (everything that is on poles)
- Batteries
    - any 12v, 50-100ah, preferably lifepo4 because with constant shutdowns AGM do not last very long

  battery groups usually 2x12(24v), 4x12, less often 6x12 72v







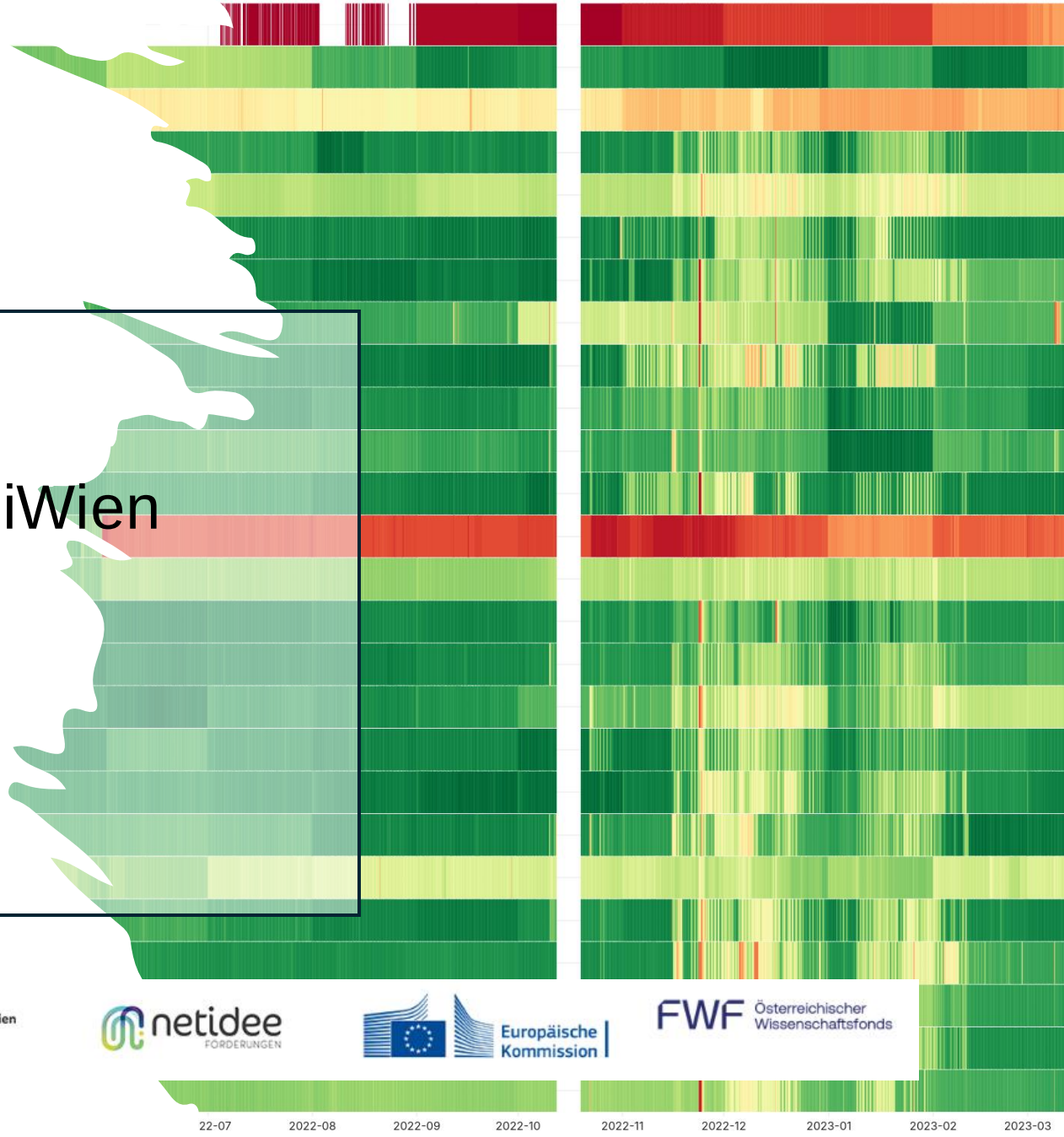
Dipl.-Ing. Florian Holzbauer

Researcher & PhD Candidate @ UniWien

SBA Research

Floragasse 7, 1040 Wien

fholzbauer@sba-research.org



Bundesministerium Arbeit und Wirtschaft
Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
FFG
wirtschaftsagentur wien
Für die Stadt Wien
netidee FÖRDERUNGEN
Europäische Kommission
FWF Österreichischer Wissenschaftsfonds

Linksammlung

- Ereignis 1: Mehrtägiger Internet Ausfall
  - Zmina Report: https://zmina.info/news/na-hersonshhyni-ta-chastyni-zaporizhzhya-okupanty-vidimknuly-internet-ta-mobilnyj-zvyazok
  - State Special Communications Meldung: https://t.me/dsszzi_official/3305
  - SkyNet Post von Dmitry Alexandrovich Gudz: https://www.facebook.com/skynet.kherson.ua/posts/1199572964193714
  - Cloudflare: https://blog.cloudflare.com/tracking-shifts-in-internet-connectivity-in-kherson-ukraine
- Ereignis 2: Übernahme des Internets
  - Kentik: https://www.kentik.com/blog/rerouting-of-kherson-follows-familiar-gameplan/

Linksammlung

- Ereignis 3: Zerstören der Infrastruktur
  - https://kyivindependent.com/media-russian-troops-reportedly-blow-up-tv-center-destroy-infrastructure-in-kherson/
  - https://english.nv.ua/nation/russians-intend-to-destroy-critical-infrastructure-during-retreat-from-kherson-oblast-50366318.html
  - https://web.archive.org/web/20221203172554/https://www.dw.com/ru/vozvrasenie-kak-zivet-osvobozdennyj-herson/a-63849525
- Power Outages in 2024:
  - https://dixigroup.org/en/electricity-outages-lasted-2-thousand-hours-for-ukrainian-households-in-2024/
- OLT zu ONU Interoperability: https://www.fs.com/blog/guide-to-olt-and-onu-interoperability-15747.html