



Projekt

Testbetrieb Selbst-Steuerung LSA, Wetzikon

Ergebnisse zweite Wirkungskontrolle, Spätsommer 2021



Auftraggeber Kanton Zürich, Volkswirtschaftsdirektion
Amt für Mobilität
Verkehrsplanung
Neumühlequai 10
CH-8090 Zürich

Bericht-N° 2006-05-200
Projekt-N° 2006.0

Datum 21. Juli 2022
Version 1.1

AKP
Verkehrsingenieur AG

Eichstrasse 25
CH-8045 Zürich

Habsburgerstrasse 26
CH-6003 Luzern

Tel. 058 261 61 00
www.akpag.ch
info@akpag.ch

Projekt Testbetrieb Selbst-Steuerung LSA, Wetzikon / zweite Wirkungskontrolle
Seite I

IMPRESSUM

Verfasser AKP Verkehringenieur AG
Andreas Kaufmann (AK), Nicolas Latuske (NL), Arlind Toska (AT)

Projektbeteiligte Kanton Zürich, Amt für Mobilität (AFM)
Christian Hürlimann

Kanton Zürich, Tiefbauamt (TBA)
Bruno Sommerhalder, Peter Bettschart

Kantonspolizei Zürich
Herbert Vetsch

Lumisera AG
Christian Heimgartner, Stefan Lämmer

VR AG
Martin Riner

ATC AG
Thomas Riedel

Dateiname 2006-05-200_Selbst-Steuerung LSA Wetzikon_Zweite Wirkungskontrolle 2021
Letzte Änderung 21. Juli 2022

REVISIONSVERMERKE

Version 0.1
Datum 13. Mai 2022
Visum AK, AT, NL
Art der Änderung Entwurf

Version 1.0
Datum 22. Juni 2022
Visum AK, NL
Art der Änderung Einarbeitung Rückmeldungen; Grafiken in Zusammenfassung; Erstausgabe

Version 1.1
Datum 21. Juli 2022
Visum AK
Art der Änderung Anpassung Zusammenfassung gemäss Formulierung des AFM

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	1
1 Ausgangslage und Aufgabenstellung	3
2 Grundlagen	4
2.1 Grundlagenverzeichnis	4
2.2 Verwendete Abkürzungen	4
3 Projekt Selbst-Steuerung	5
3.1 Übersicht Perimeter	5
3.2 Wirkungsweise	6
3.3 Projektziele	6
4 Konzept Wirkungskontrolle	7
4.1 Übersicht	7
4.2 Erhebungszeiträume	7
4.3 Sicherstellung Vergleichbarkeit	7
4.3.1 Baustellen	7
4.3.2 Ausweichverkehr	8
4.3.3 Wetter	8
4.3.4 Vergleich mit Vorjahr	8
4.4 Leistungsindikatoren	9
4.4.1 LI1A: Reisezeiten MIV	9
4.4.2 LI1B: Gesamtverlustzeit MIV	9
4.4.3 LI2: Reisezeiten ÖV	9
4.4.4 LI3: Verarbeitete Verkehrsmenge	9
4.4.5 LI4: Rückstau	9
4.4.6 LI5: Wartezeit Fuss- und Veloverkehr	10
4.4.7 LI6: Allgemeines Verkehrsverhalten	10
4.5 Erhebungsmethoden	10
4.5.1 Bluetooth	10
4.5.2 Seitenradar und Zählstellen	11
4.5.3 Beobachtungen vor Ort	12
4.5.4 Auswertung VS-pCoq	12
5 Ergebnisse und Interpretation der zweiten Wirkungskontrolle 2021	14
5.1 Allgemeines und Erläuterung Auswertung Reisezeiten	14
5.2 Sicherstellung Vergleichbarkeit	14
5.2.1 Baustellen	14
5.2.2 Ausweichverkehr	15
5.2.3 Vergleich Wetter	16
5.2.4 Vergleich mit Vorjahren	17
5.2.5 Fazit Vergleichbarkeit	17
5.3 LI1 A Reisezeiten MIV	18
5.3.1 Überblick	18
5.3.2 Hauptachse Uster → Hinwil	19
5.3.3 Hauptachse Hinwil → Uster	20

Projekt Testbetrieb Selbst-Steuerung LSA, Wetzikon / zweite Wirkungskontrolle
Seite III

5.4	LI1 B Verlustzeiten MIV	21
5.4.1	Überblick	21
5.4.2	Hauptachse Uster → Hinwil	23
5.4.3	Hauptachse Hinwil → Uster	24
5.5	LI2 Reisezeiten ÖV	25
5.6	LI3 Verarbeitete Verkehrsmengen	28
5.7	LI4 Rückstau	31
5.7.1	Überblick	31
5.7.2	Knoten Nr. 270	31
5.7.3	Knoten Nr. 081	32
5.7.4	Knoten Nr. 128	33
5.7.5	Knoten 064	34
5.7.6	Knoten 159	35
5.7.7	Knoten 127	37
5.7.8	Knoten 225	37
5.8	LI5 Wartezeit Fuss- und Veloverkehr	39
5.8.1	Knoten 270	40
5.8.2	Knoten 081	41
5.8.3	Knoten 128	43
5.8.4	Knoten 064	44
5.8.5	Knoten 159	45
5.8.6	Knoten 127	46
5.8.7	Knoten 225	46
5.9	LI6 Allgemeiner Verkehrsablauf	48
5.9.1	Allgemein	48
5.9.2	SST-Betrieb	48
5.9.3	FESA-Betrieb	48
5.10	Untersuchung Koordinationsbrüche	49
5.10.1	Aufgabenstellung	49
5.10.2	FESA-Betrieb	49
5.10.3	SST-Betrieb	49
5.10.4	Fazit	49
6	Wichtige Ergebnisse des Berichtes der Adaptive Traffic Control AG	50
7	Fazit	51
	ANHANG	53
	Auswertungen Bluetooth / Reisezeiten	54
	Auswertungen Zählstellen	58
	Auswertung LSA-Daten	64
	Koordination mit FESA und SST (Bericht ATC AG)	108

Zusammenfassung

Die Sektion Betriebs- und Sicherheitsausrüstung der Abteilung Projektieren und Realisieren des Tiefbauamtes Kanton Zürich testet die Selbst-Steuerung (SST) als neues Steuerungsverfahren für Lichtsignalanlagen (LSA) in Wetzikon. Ein erster Testbetrieb wurde 2020 durchgeführt und mit einer Wirkungskontrolle begleitet. Auf Grundlage der Ergebnisse und Erfahrungen aus dem ersten Testbetrieb wurden die Steuerungsverfahren für SST und FESA (aktuelles Steuerungsverfahren) im Hinblick auf den zweiten Testbetrieb optimiert respektive angepasst. Der zweite Testbetrieb mit einer entsprechenden Wirkungskontrolle fand im Spätsommer 2021 statt. Vom 30.08. – 12.09.2021 wurde die FESA-Steuerung und vom 20.09. – 03.10.2021 die Selbst-Steuerung SST anhand verschiedener Leistungsindikatoren analysiert.

Reisezeiten MIV

Die Reisezeiten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) wurden auf verschiedenen Verkehrsbeziehungen im Untersuchungsperimeter mittels Bluetooth-Detektoren kontinuierlich erhoben. Aggregiert über alle Beziehungen unterscheiden sich die Reisezeiten der beiden Verfahren nur marginal. Richtungsbezogen wurden jedoch grössere Unterschiede gemessen:

- Die Reisezeiten von Uster nach Hinwil waren im SST-Betrieb je nach Tageszeit um 10 – 25 Sekunden kürzer als im FESA-Betrieb. Zum Beispiel betrug die Fahrzeit von Uster in Richtung Hinwil zwischen den Messpunkten 1 und 13 in der Morgenspitzenstunde 4 Minuten 32 Sekunden. Mit der Selbst-Steuerung wurde für die gleiche Strecke eine Fahrzeit von 4 Minuten 12 Sekunden gemessen. Das heisst es resultierte ein Zeitgewinn von 20 Sekunden.
- In der Gegenrichtung von Hinwil nach Uster waren die Reisezeiten mit der Selbst-Steuerung in der Abendspitzenstunde (ASP) und am Samstag zwischen 15 und 35 Sekunden höher. In den übrigen ausgewerteten Zeiträumen (Morgenspitzenstunde MSP, durchschnittlicher Werktagsverkehr DWV, Sonntag) dagegen zwischen 5 und 15 Sekunden tiefer. Zum Beispiel betrug die Fahrzeit von Hinwil in Richtung Uster zwischen den Messpunkten 13 und 1 in der Abendspitzenstunde 6 Minuten 14 Sekunden. Mit der Selbst-Steuerung wurde für die gleiche Strecke eine Fahrzeit von 6 Minuten 48 Sekunden gemessen. Das heisst es resultierte ein Zeitverlust gegenüber der bestehenden Steuerung von 34 Sekunden.

Reisezeit ÖV

Die Reisezeiten des öffentlichen Verkehrs (ÖV) wurden auf sechs Fahrbeziehungen ausgewertet. Mit der Selbst-Steuerung reduzierten sich die mittleren Reisezeiten über alle Buslinien je nach Tageszeit um 6% (ASP) bis 12% (MSP). In der Morgenspitzenstunde entspricht dies beispielsweise einem Fahrzeitgewinn von knapp 17 Sekunden bei einer Reisezeit von etwas mehr als 2 Minuten (Zeitgewinn ASP: 8 Sekunden). Einzig die Buslinie 857 von Wildbach in Richtung Wetzikon, Bahnhof konnte nicht von der Selbst-Steuerung profitieren. Hier ist die Reisezeit im SST-Betrieb gegenüber dem FESA-Betrieb länger ausgefallen. Die Gründe dafür wurden im Rahmen der vorliegenden Wirkungsanalyse nicht näher abgeklärt.

Verkehrsmengen

Die verarbeiteten Verkehrsmengen wurden während dem Erhebungszeitraum an allen sieben LSA-Knoten erfasst. Dabei gab es zwischen den Zeiträumen mit SST- und FESA-Betrieb keine signifikanten Abweichungen. Die verarbeitete Anzahl Fahrzeuge waren vergleichbar, es konnten keine relevanten Unterschiede festgestellt werden.

Stausituation

Die Belegung der Rückstaudetektoren wurde an allen Zufahrten der sieben LSA-Knoten erfasst und ausgewertet. Dieser Indikator hat sich über den ganzen Erhebungszeitraum sehr unterschiedlich entwickelt. Je nach Fahrtrichtung hat die erfasste Belegung im SST-Betrieb zu- oder abgenommen. Oftmals sind die Belegungen der Staudetektoren bei beiden Steuerungsverfahren ähnlich. Über den ganzen Perimeter betrachtet haben die Belegung der Rückstaudetektoren und damit der Rückstau vor den Lichtsignalen mit der Selbst-Steuerung während der MSP und ASP leicht zugenommen. Anders ausgedrückt wurden die verfügbaren Stauräume mit der SST öfters und in grösserem Mass genutzt als mit der FESA-Steuerung.

Wartezeiten Fuss- und Veloverkehr

Die Wartezeiten für die Beziehungen des Fuss- und Veloverkehrs konnten mit der Selbst-Steuerung teilweise reduziert werden. An einigen Knoten und zu einigen Tageszeiten zeigten sich auch höhere Wartezeiten oder beide Verfahren schnitten ähnlich gut ab. Die mittleren Wartezeiten über alle Knoten verlängerten sich mit der Selbst-Steuerung in der Morgen- und Abendspitze um knapp eine Sekunde von 15.3 auf 16.1 Sekunden (MSP) bzw. von 18.4 auf 19.3 Sekunden (ASP).

Fazit

Bei der subjektiven Beurteilung des allgemeinen Verkehrsablaufs vor Ort konnte beobachtet werden, dass die Schaltung der Grünzeiten im SST-Betrieb in der Hauptrichtung dynamischer verlief als im FESA-Betrieb. Signifikante Unterschiede im Verkehrsablauf ergaben sich dadurch jedoch nicht.

Gesamthaft betrachtet bewegen sich die verkehrlichen Auswirkungen der beiden Steuerungsverfahren in einem ähnlichen Rahmen. Der öffentliche Verkehr konnte während dem Testbetrieb von der Selbst-Steuerung profitieren, während die Auswirkungen auf die übrigen Verkehrsteilnehmenden, insbesondere in Abhängigkeit der Tageszeit aber auch der konkreten Wunschlinie, variierten.

Beide Steuerungsverfahren erfordern eine detaillierte verkehrstechnische Analyse und Parametrierung um einen möglichst optimalen Verkehrsfluss zu gewährleisten. Auch lassen sich beide Verfahren an veränderte Rahmenbedingungen weiter anpassen.

1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

Die Sektion Betriebs- und Sicherheitsausrüstung der Abteilung Projektieren und Realisieren des Tiefbauamtes Kanton Zürich testet die Selbst-Steuerung (SST) als neues Steuerverfahren für LSA in Wetzikon. Begleitend zu diesem Testbetrieb wurde durch die AKP Verkehringenieur AG eine Wirkungskontrolle durchgeführt, welche die Wirkung des SST-Verfahrens im Vergleich zum etablierten FESA-Steuerverfahren untersucht. Ein erster Testbetrieb wurde 2020 durchgeführt und mit einer ersten Wirkungskontrolle vom 17.08. – 30.08.2020 begleitet.

Auf Grundlage der Ergebnisse und Erfahrungen aus dem ersten Testbetrieb wurden die Steuerverfahren für SST und FESA im Hinblick auf den zweiten Testbetrieb optimiert respektive angepasst. Der zweite Testbetrieb fand im Spätsommer 2021 statt und wurde wiederum mit einer Wirkungskontrolle begleitet. Diese zweite Wirkungskontrolle fand in zwei Phasen von je zwei Wochen statt. Vom 30.08. – 12.09.2021 wurde die etablierten FESA-Steuerung und vom 20.09. – 03.10.2021 die Selbst-Steuerung SST analysiert. Um die Ergebnisse der beiden Wirkungskontrolle miteinander vergleichbar zu halten, wurden wiederum die sechs in der ersten Wirkungskontrolle definierten Leistungsindikatoren (LI) verwendet.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse der zweiten Wirkungskontrolle. Die Ergebnisse der ersten Wirkungskontrolle sind im Bericht "Selbst-Steuerung LSA Wetzikon, Wirkungskontrolle 2020" (Bericht Nr. 2006-05-100) vom 18. Dezember 2020 dokumentiert.

Der Perimeter für beide Testbetriebe lag entlang der Zürcher- / Rapperswilerstrasse in Unterwetzikon und umfasst insgesamt sieben aufeinander folgende Knoten (6 LSA-Knoten und 1 Kreisel mit Busbevorzugung). Die beiden äusseren LSA im Perimeter (081 und 225) agieren im bestehenden Zustand als Pfortneranlagen und die LSA am Kreisel Grüniger- / Rapperswilerstrasse (Nr. 127) dient ausschliesslich der Busbevorzugung.

Um die Erkenntnisse aus der Wirkungskontrolle zu gewinnen, ist eine umfassende Betrachtung des Verkehrsflusses im gesamten Perimeter notwendig. Dazu werden die folgenden Leistungsindikatoren (Aufzählung der LI ohne Wertung der tatsächlichen Relevanz der einzelnen LI) analysiert und verglichen. Der LI1B "Gesamtverlustzeit MIV" ist in der zweiten Wirkungskontrolle neu hinzugekommen:

- **LI1A** Reisezeiten MIV (kontinuierlich / quantitativ)
- **LI1B** Gesamtverlustzeit MIV (situativ / quantitativ)
- **LI2** Reisezeiten ÖV (kontinuierlich / quantitativ)
- **LI3** Verarbeitete Verkehrsmenge (kontinuierlich / quantitativ)
- **LI4** Rückstau (situativ / qualitativ)
- **LI5** Wartezeit Fuss- und Veloverkehr (kontinuierlich / quantitativ)
- **LI6** Allgemeiner Verkehrsablauf (situativ / qualitativ)

Für die systematische und reproduzierbare Erhebung der notwendigen Kenngrössen werden Bluetooth-Detektoren für die Reisezeiten, Induktionsschleifen und Seitenradare für das Verkehrsaufkommen und die Rückstaulängen sowie Beobachtungen vor Ort, ergänzt durch Drohnenaufnahmen, eingesetzt. Zudem wurden in der zweiten Wirkungskontrolle die im ersten Testbetrieb beobachteten Koordinationsbrüche zwischen den LSA 064 und 159 detailliert untersucht. Hierfür wurden drei Kameras mit Blickrichtung Uster zwischen den beiden LSA zur Beobachtung der Rot- und Grünphasen installiert und das Bildmaterial ausgewertet.

2 Grundlagen

2.1 Grundlagenverzeichnis

- [1] Reglerentwurf zur dezentralen Online-Steuerung von Lichtsignalanlagen in Strassennetzen. S. Lämmer. April 2007
- [2] Kanton Zürich, Amt für Verkehr (AFV). Selbst-Steuerung LSA: Grobkonzept Testbetrieb. Oktober 2017
- [3] Verkehrsbetriebe Zürichsee und Oberland AG. Auswertung Reisezeiten Buslinien Perimeter Testbetrieb. September 2020
- [4] Kanton Zürich, Tiefbauamt. VDE-Rohdaten Wetzikon. November 2020

2.2 Verwendete Abkürzungen

ASP	Abendspitze (Abendspitzenstunde)
DTV	durchschnittlicher täglicher Verkehr
DWV	durchschnittlicher Werktagerverkehr
DWeV	durchschnittlicher Wochenendverkehr
FESA	Flexibel, Erweiterbar, Systemunabhängig, Anpassungsfähig (Steuerlogik für Lichtsignalanlagen)
FGS	Fussgängerstreifen
LI	Leistungsindikator
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MSP	Morgenspitze (Morgenspitzenstunde)
ÖV	Öffentlicher Verkehr
SST	Selbst-Steuerung (Steuerlogik für Lichtsignalanlagen)

3 Projekt Selbst-Steuerung

3.1 Übersicht Perimeter

Wie während des ersten Testbetriebs der Selbst-Steuerung in Wetzikon wurde für den zweiten Testbetrieb aus Gründen der Vergleichbarkeit ebenfalls der Abschnitt der Zürcher- / Rapperswilerstrasse auf der Achse Uster – Hinwil bestimmt. Innerhalb des Perimeters gibt es insgesamt sechs lichtsignalgesteuerte Knoten sowie einen Kreisell mit einer Lichtsignalanlage (127), welche einzig der Busbevorzugung dient.

Die beiden LSA 081 am Knoten West- / Zürcherstrasse und 270 am Knoten Halden- / Zürcherstrasse, welche 2020 infolge von Bauarbeiten in diesem Bereich nicht Teil des Testbetriebes waren, konnten 2021 auch in den Testbetrieb aufgenommen und damit bei der zweiten Wirkungskontrolle ebenfalls analysiert werden.

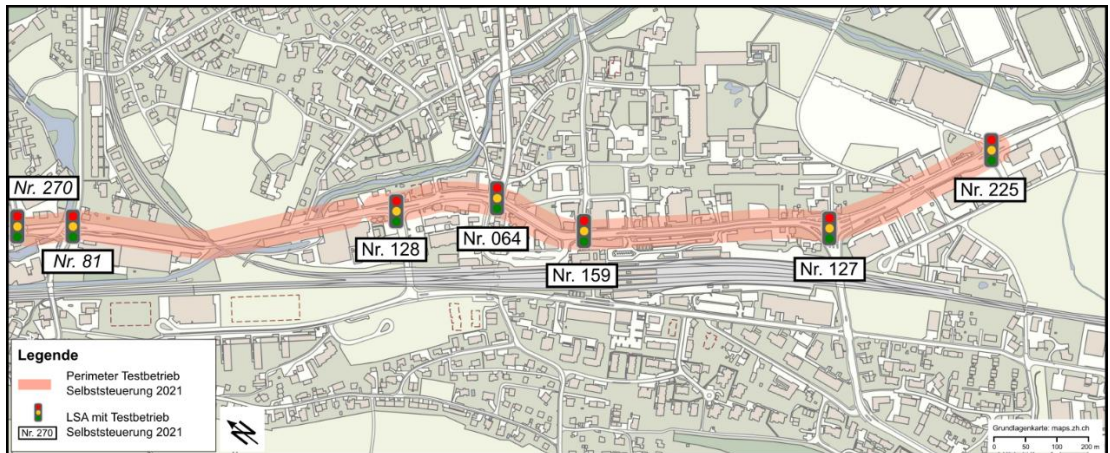


Abb. 1 Perimeter zweiter Testbetrieb und zweite Wirkungskontrolle mit Standorten der LSA

3.2 Wirkungsweise

Alle Lichtsignale innerhalb des Perimeters des Testbetriebs der Selbst-Steuerung werden für die Dauer des Testbetriebs nicht mit der herkömmlichen FESA-Steuerung, sondern ausschliesslich mit der neuen Selbst-Steuerung betrieben. Dies gilt für die Belange aller Verkehrsteilnehmenden, also für den Fuss- und Veloverkehr, den ÖV sowie den MIV.

Basierend auf den Erkenntnissen aus der Dissertation „Reglerentwurf zur dezentralen Online-Steuerung von Lichtsignalanlagen in Strassennetzwerken“ [1] sollen die Lichtsignalanlagen im Perimeter unabhängig von den jeweiligen verkehrlichen Umständen lokal und flexibel auf die jeweilige Verkehrssituation reagieren. Dazu werden die Umschaltzeitpunkte und Phasenwechsel mittels mathematischer Optimierung und Prognosen basierend auf den verfügbaren Detektordaten der LSA festgelegt.

Im Gegensatz zur herkömmlichen FESA-Steuerung gibt es somit keine fixen Umlaufzeiten mehr, die Grünzeiten werden flexibel so verteilt, dass die aktuelle Verkehrslast bestmöglich aufgenommen werden kann. Das Erstellen von tagesabhängigen Steuerungsprogrammen ist deshalb nicht notwendig. Um den geringen Abständen zwischen den einzelnen Knoten in Wetzikon Rechnung zu tragen, werden die Rückstaus bei den einzelnen Knoten berücksichtigt und dadurch entstehende, nicht genutzte Grünzeiten an den umliegenden Knoten neu verteilt.

Für eine detaillierte Analyse der Ausgangslage sowie der Funktionsweise der Selbst-Steuerung wird an dieser Stelle auf den Bericht „Selbst-Steuerung LSA: Grobkonzept Testbetrieb“ [2] und die Dissertation „Reglerentwurf zur dezentralen Online-Steuerung von Lichtsignalanlagen in Strassennetzwerken“ [1] verwiesen.

3.3 Projektziele

Der zweite Testbetrieb in Wetzikon soll zeigen, inwiefern sich die Selbst-Steuerung als Alternative zur FESA-Steuerung eignet. Eine Erkenntnis aus der ersten Wirkungskontrolle war, dass die ÖV-Bevorzugung gut funktioniert. Der MIV konnte von der SST nur wenig profitieren. Im Rahmen der zweiten Wirkungskontrolle wurde nun die Wirkungsweise mit den zwischenzeitlich optimierten resp. angepassten SST- und FESA-Steuerungen analysiert.

4 Konzept Wirkungskontrolle

4.1 Übersicht

Mit der Wirkungskontrolle zum zweiten Testbetrieb in Wetzikon werden die Wirkungen und Auswirkungen der auf Grundlage des ersten Monitorings neu eingestellten Selbst-Steuerung absolut und auch relativ im Vergleich zur herkömmlichen FESA-Steuerung untersucht. Um auch systematische, belastbare und reproduzierbare Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem zweiten Monitoring zu gewinnen, müssen sowohl die Erhebungszeiträume, die Sicherstellung der Vergleichbarkeit, die Zielkenngrößen wie auch die Erhebungsmethoden klar und umsichtig definiert werden.

4.2 Erhebungszeiträume

Um möglichst repräsentative Ergebnisse aus den Erhebungen während des Testbetriebs mit SST und dem Referenzbetrieb mit FESA zu erhalten, sind ausreichend lange Erhebungszeiträume zu wählen, bei welchen die Randbedingungen aber möglichst ähnlich sind. Das Erhebungs-Zeitfenster wurde daher wieder auf je zwei Wochen mit SST und FESA festgelegt, so dass auch innerhalb eines Monitorings jeweils zwei Werte vom gleichen Wochentag zum Vergleich vorliegen.

Da beim Wechsel der Steuerung eine Angewöhnung der Verkehrsteilnehmer notwendig ist, soll die jeweilige Steuerung bereits einige Tage vor dem Start der Erhebungen aktiviert werden. Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen, der Schulferien sowie dem Baustellenbetrieb (Weststrasse) wurden die folgenden Start- und Enddaten für das Monitoring festgelegt:

- Beginn konstanter Betrieb FESA Donnerstag 06.08.2021 (KW 34)
- **Monitoring FESA** **Montag 30.08 – Sonntag 12.09.2021 (KW 35/36)**
- Wechsel von FESA auf SST Mittwoch, 15.09.2021 (KW 37)
(wird bei Wirkungskontrolle nicht berücksichtigt)
- **Monitoring SST** **Montag 20. – Sonntag 03.10.2021 (KW 38/39)**

Basierend auf den Erkenntnissen aus der ersten Wirkungskontrolle aus dem Sommer 2020 wurde sowohl die Selbst-Steuerung als auch das FESA-Verfahren angepasst. Im Spätsommer 2021 wurde eine zweite Wirkungskontrolle durchgeführt. Der vorliegende Bericht bezieht sich nur auf die Erkenntnisse aus der zweiten Wirkungskontrolle. Ein Vergleich mit den Ergebnissen aus der ersten Wirkungskontrolle findet an dieser Stelle nicht statt.

4.3 Sicherstellung Vergleichbarkeit

4.3.1 Baustellen

Im Umfeld des Perimeters der Wirkungskontrolle gab es 2021 eine Baustelle an der Weststrasse und eine entsprechende Umleitung. Dies wurde soweit möglich bei der Festlegung der Erhebungszeiträume berücksichtigt. Um sicherzustellen, dass die Baustelle keinen Einfluss auf das Monitoring hat, wurden die tatsächlich durchgeführten Bauarbeiten und Sperrungen / Umleitungen nach der Wirkungskontrolle überprüft, damit die Erhebungsdaten falls dies erforderlich gewesen wäre, von der Auswertung ausgeschlossen hätten werden können.

4.3.2 Ausweichverkehr

Der Bereich des Testbetriebs der Selbst-Steuerung kann über verschiedene Routen umfahren werden (Abb. 2). Um sicherzustellen, dass es in der Folge der Selbst-Steuerung nicht zu Ausweichverkehr kommt, wird das Verkehrsaufkommen im Umfeld des Perimeters in beiden Phasen des Monitorings auf den potentiellen Ausweichstrecken erhoben.



Abb. 2 Übersicht potentielle Ausweichrouten

4.3.3 Wetter

Die Witterung und die Temperaturen können einen Einfluss auf das Verkehrsaufkommen aber auch auf die Verkehrsmittelwahl haben. Bei schlechtem Wetter sind tendenziell weniger Fussgänger und Velofahrer unterwegs während der MIV zunimmt. Um solche Effekte ausschliessen resp. berücksichtigen zu können, werden die Wetterdaten in Wetzikon für die beiden Erhebungszeiträume ausgewertet.

4.3.4 Vergleich mit Vorjahr

Um die Leistungsfähigkeit der Wirkungskontrolle 2021 gegenüber 2020 einordnen und externe Effekte ausschliessen zu können (z.B. infolge Covid-19), wird das Verkehrsaufkommen mit jenem des letzten Jahres verglichen. Dazu wurden die Verkehrsmengen an den kantonalen Zählstellen Nr. 187 und am Querschnitt der ehemaligen Zählstelle Nr. 4886 (ersetzt durch zwei Topo-Boxen durch AKP) während des Erhebungszeitraumes (KW 35/36 und 38/39) mit der vergleichbaren Verkehrsmenge des Zeitraums der Erhebung 2020 verglichen.

4.4 Leistungsindikatoren

4.4.1 LI1A: Reisezeiten MIV

Die Reisezeiten für den MIV (LI1A) werden mittels Bluetooth-Detektoren erhoben. Damit können während der gesamten Dauer der Wirkungskontrolle Aussagen zu den Reisezeiten und deren Veränderung gemacht werden. Mit dem Leistungsindikator "Reisezeiten MIV" werden somit die für die Verkehrsteilnehmer am direktesten wahrnehmbaren Auswirkungen der SST erfasst. Neben den Auswirkungen für die Verkehrsteilnehmer lässt dieser Leistungsindikator auch Aussagen zu, auf welchen Abschnitten und zu welchen Tageszeiten die Selbst-Steuerung die grösste Wirkung hat.

4.4.2 LI1B: Gesamtverlustzeit MIV

Die Verlustzeit ist als Differenz zwischen der tatsächlichen Reisezeit und der zu erwartenden Reisezeit bei idealen Bedingungen (freie Fahrt ohne LSA) für einen bestimmten Streckenabschnitt definiert. Die hier betrachtete Gesamtverlustzeit für den MIV ist das Produkt der mittleren Verlustzeit mit der Gesamtverkehrsmenge des jeweils untersuchten Abschnitts. Die Resultate der Abschnitte eines Steuerverfahrens lassen sich anschliessend direkt mit denen des anderen vergleichen und lassen Aussagen zu, wie die LSA eines untersuchten Abschnitts mit der zu bewältigenden Verkehrsmenge umgeht. Dieser Leistungsindikator wurde bei der zweiten Wirkungskontrolle eingeführt und war nicht Teil der ersten Wirkungskontrolle.

4.4.3 LI2: Reisezeiten ÖV

Die Reisezeiten des ÖV werden getrennt von den Reisezeiten des MIV analysiert und anhand des Leistungsindikators 2 dokumentiert. Gemeinsam mit dem Betreiber des ÖV werden ausgewählte Linien festgelegt, auf welchen die aggregierten Reisezeiten der Busse innerhalb des Perimeters untersucht werden. Dies ist insbesondere wichtig, da die Reisezeiten des MIV für den ÖV nicht immer aussagekräftig sind, da dieser in Wetzikon im Bereich des Bahnhofs teilweise auf Beziehungen fährt, welche für den MIV gesperrt sind.

4.4.4 LI3: Verarbeitete Verkehrsmenge

Mit dem Leistungsindikator 3 wird die bewältigte Verkehrsmenge an den einzelnen Lichtsignalanlagen dokumentiert. Anhand dieser kann die Leistungsfähigkeit im gesamten Perimeter aber auch der einzelnen Anlagen mit der Selbst-Steuerung beurteilt und der FESA-Steuerung gegenübergestellt werden.

4.4.5 LI4: Rückstau

Die Belegung der Rückstaudetektoren zeigt auf, wo sich der Verkehr vor den Knoten staut. Dies ist insbesondere wichtig, da für viele Verkehrsteilnehmer der Rückstau psychologisch einen starken Einfluss hat, da dieser greifbarer ist als die Reisezeiten.

4.4.6 LI5: Wartezeit Fuss- und Veloverkehr

Durch die dynamische Anpassung der Anzahl und Dauer der Grünphasen verändert sich auch die Wartezeiten für die Fussgänger. Mit dem Leistungsindikator 5 "Wartezeit Fuss- und Veloverkehr" werden die Auswirkungen der Selbst-Steuerung auf den nicht motorisierten Verkehr zusammengefasst und insbesondere an den Querungsstellen aufgezeigt.

4.4.7 LI6: Allgemeines Verkehrsverhalten

Unter diesem Leistungsindikator werden Beobachtungen abgehandelt, welche nicht quantifizierbar sind. Dazu gehören insbesondere Beobachtungen des Verkehrsablaufes, welche im Rahmen der Wirkungskontrolle vor Ort gemacht wurden, aber auch allfällige Rückmeldungen beispielsweise der Polizei oder aus der Bevölkerung.

4.5 Erhebungsmethoden

4.5.1 Bluetooth

Die Reise- und Verlustzeiten für den MIV im Perimeter (L1A und L1B) wurden mittels Bluetooth-Detektoren erhoben. Die Montage, Aufbereitung und Plausibilisierung der Rohdaten erfolgte durch die Firma Innolutions AG. Insgesamt wurden dreizehn Bluetooth-Detektoren im Perimeter installiert. Wo es möglich war, wurden die Detektoren vor und nach jeder LSA angeordnet. Zwischen den Knoten 128, 064 und 159 sind die Abstände zu gering, weswegen dort keine Detektoren installiert wurden.

Die während der ersten Wirkungskontrolle im Jahr 2020 aufgrund der Baustelle in diesem Bereich nicht installierten Detektoren 1 – 3 wurden für die zweite Wirkungskontrolle im Jahr 2021 eingesetzt und ausgewertet. Der ursprünglich auf der Weststrasse geplante Detektor 3 wurde aufgrund der Baustelle resp. der daraus resultierenden Umleitung nach Rücksprache mit dem Auftraggeber auf die Haldenstrasse verlegt.



Abb. 3 Übersicht Bluetooth-Detektoren 2021

Für die Auswertung der Bluetooth-Daten wurde zur Reduktion der Datenmenge nicht alle theoretisch möglichen Verbindungen zwischen den Detektoren ausgewertet, zumal auch nicht alle Beziehungen aussagekräftig oder von Interesse sind. Insgesamt wurden 79 massgebende Beziehungen / Routen festgelegt, für welche die Reisezeiten ausgewertet wurden. Eine Liste aller Beziehungen befindet sich im Anhang. Die Erfassungsquote wurde aggregiert für alle abgehenden Routen je Detektor ausgewertet und liegt für beide Erhebungszeiträume im Mittel leicht über 20%, mit maximalen Werten von 50% und minimalen Werten von 7%.

Route	Start	Ende	Vergleich Erfassungsquote Bluetooth-Detektoren								
			Anzahl Fahrzeuge (Schleifenzählung, gerundet auf 5'000)			Anzahl Fahrzeuge (DWV-Werte) (Bluetootherkennung, gerundet auf 500)			Erfassungsquote (Anzahl BT / Anzahl Schleifen)		
			FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [%]	SST [%]	Δ
-	1	-	100'000	95'000	-5%	38'000	35'000	-8%	38	37	0
-	2	-	15'000	15'000	0%	1'000	1'000	0%	7	7	0
-	3	-	15'000	15'000	0%	3'000	3'000	0%	20	20	0
-	4	-	110'000	110'000	0%	35'000	30'000	-14%	32	27	0
-	5	-	22'000	22'000	0%	6'000	5'500	-8%	27	25	0
-	6	-	70'000	70'000	0%	11'000	11'500	5%	16	16	0
-	7	-	30'000	30'000	0%	3'000	3'000	0%	10	10	0
-	8	-	310'000	315'000	2%	44'000	44'000	0%	14	14	0
-	9	-	90'000	90'000	0%	23'000	22'500	-2%	26	25	0
-	10	-	205'000	210'000	2%	36'500	36'000	-1%	18	17	0
-	11	-	15'000	15'000	0%	2'500	2'500	0%	17	17	0
-	12	-	5'000	5'000	0%	2'500	2'500	0%	50	50	0
-	13	-	90'000	90'000	0%	38'500	39'000	1%	43	43	0
Total			1'077'000	1'082'000	0%	244'000	237'524	-3%	23	22	0

Abb. 4 Vergleich Erfassungsquote Bluetooth-Detektoren, inkl. erweiterter Startpunkte "1"

4.5.2 Seitenradar und Zählstellen

Das Verkehrsaufkommen ausserhalb des Perimeters und auf den möglichen Ausweichrouten wurde während des kompletten Erhebungszeitraums (30.08. – 12.09.2021 und 20.09. – 03.10.2021) erfasst. Dazu wurden fünf bestehende Dauerzählstellen des Kantons Zürich (Nr. 187, 190, 1691, 2788 und 2888) und die Seitenradargeräte (Topo-Boxen) am Querschnitt der Zählstelle 4886 verwendet. Zudem wurden an zwei Standorten weitere Erhebungen mit Seitenradargeräten (Viacount) durchgeführt, um alle Ausweichrouten abdecken zu können.



Abb. 5 Übersichtskarte Verkehrserhebungsstandorte und potentielle Ausweichstrecken

4.5.3 Beobachtungen vor Ort

Vor Ort fand während der SST- und der FESA-Phase je eine Begehung in der MSP und in der ASP statt. Dabei wurde der Verkehrsablauf mittels Drohnenaufnahmen und direkt an den Knoten des gesamten Perimeters beobachtet und dokumentiert.



Abb. 6 Beobachtung vor Ort, Drohnenaufnahme in der ASP vom Dienstag 21.09.2021

4.5.4 Auswertung VS-pCoq

Bei den Lichtsignalanlagen, welche in den Testbetrieb integriert wurden, wurden zahlreiche Daten erfasst und gespeichert. Mit der Software "VS-pCoq" der Verkehrs-Systeme AG wurden diese Daten für die beiden Erhebungszeiträume aufbereitet und folgende Kenndaten mit einer Auflösung von 15'-Intervallen zur Verfügung gestellt:

- Verkehrsmengen auf allen Knotenzufahrten
- Belegung der Staudetektoren
- Grünanteil und Anzahl Grünphasen für den motorisierten Verkehr
- Technische Wartezeiten für motorisierten Verkehr (Zeit vom ersten Fahrzeug am Haltebalken bei Rot bis Wechsel auf Grün)
- Grünanteil und Anzahl Grünphasen für Fuss- und Veloverkehr
- Technische Wartezeiten für Fussverkehr an Fussgängerstreifen mit Anmeldung (Zeit von der ersten Anmeldung bei Rot bis Wechsel auf Grün)

Die Auswertung und Interpretation dieser Daten wurde vorsichtig und mit grosser Sorgfalt vorgenommen. Die automatische Erfassung mittels Induktionsschleifen wurde sowohl bei der Auswertung mit VS-pCoq und danach nochmals bei der Auswertung der einzelnen Kenngrößen geprüft und fehlerhafte Daten (keine Meldung, zu lange Belegungen infolge Defekte etc.) aus der Auswertung entfernt, soweit dies möglich war. Insgesamt lagen allerdings nur wenige Fehler vor und die Datengüte wird als sehr hoch beurteilt.

Bei der Interpretation der Ergebnisse mussten die Eigenheiten der jeweiligen Kennwerte berücksichtigt werden. Basierend auf den einzelnen Staudetektoren können beispielsweise keine Aussagen zur Länge des Rückstaus gemacht werden, sondern nur zur Dauer der Belegung dieses Detektors. Im Weiteren entsprechen die technischen Wartezeiten sowohl für den motorisierten Verkehr wie auch den Fussverkehr nicht einer mittleren Wartezeit sondern der maximalen Wartezeit des ersten Verkehrsteilnehmers bei Anmeldung (Schlaufe am Haltebalken oder Fussgängeranmeldung) und die Wartezeiten der nachfolgenden Fahrzeuge fallen somit geringer aus. Die technische Wartezeit kann maximal solange wie die Rot-Dauer sein und entspricht nicht der Verlustzeit eines Verkehrsteilnehmers bei diesem Signal.

Da das Monitoring aber auf einem relativen Vergleich zwischen der SST und FESA mit den gleichen Randbedingungen basiert, können anhand dieser Schlaufendaten unter Berücksichtigung der oben genannten Eigenheiten trotzdem viele Erkenntnisse gewonnen werden.

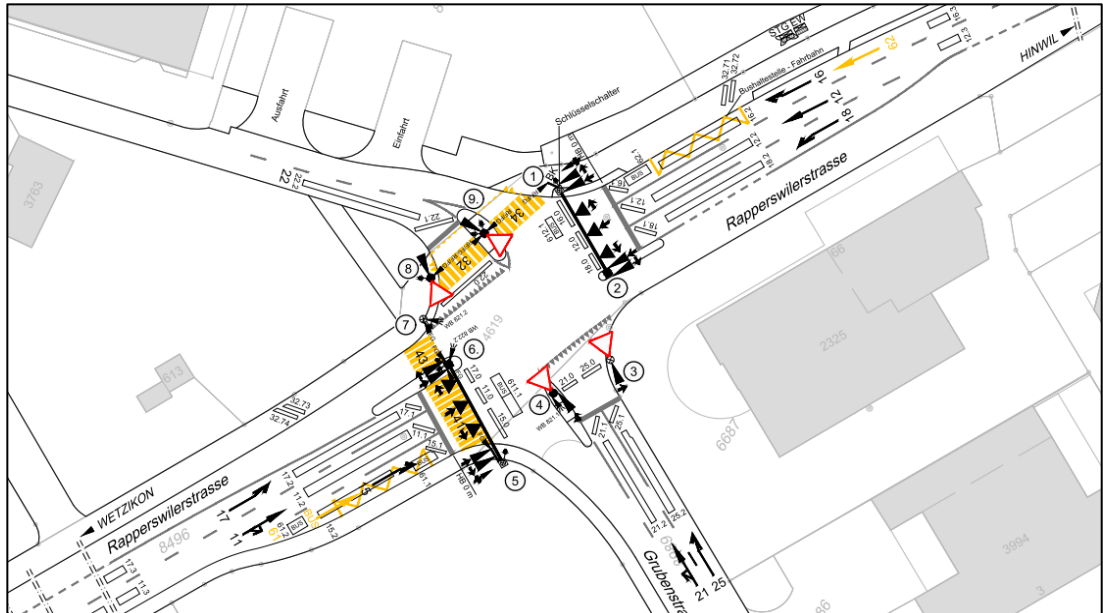


Abb. 7 Beispiel Signallageplan LSA Nr. 225

5 Ergebnisse und Interpretation der zweiten Wirkungskontrolle 2021

5.1 Allgemeines und Erläuterung Auswertung Reisezeiten

In den Kapiteln 5.2 bis 5.9 werden die, für die zuvor definierten Leistungsindikatoren relevanten Erkenntnisse, der beiden Erhebungszeitfenster zusammengefasst und einander gegenübergestellt. Die Ergebnisse der weiteren getätigten Auswertungen, welche für die Bestimmung der Leistungsindikatoren keinen Einfluss haben oder deren Erkenntnisse identisch sind mit anderen Auswertungen, werden für eine bessere Übersicht nicht in diesem Kapitel dokumentiert, sondern im Anhang aufgeführt. In Kapitel 5.10 werden die Ergebnisse der Untersuchung der Koordinationsbrüche zwischen den LSA 159 und 64 diskutiert.

Die Grundlage für die Ermittlung der mittleren Reisezeiten aus den Daten der Bluetooth-Erhebung bilden die im Anhang BT.01 aufgeführten Routen und die auf diesen gemessenen Reisezeiten. Dabei wurde pro Route jeweils die Summe sowie die Anzahl der detektierten Fahrzeuge ermittelt. Das arithmetische Mittel der mittleren Reisezeit ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der Summe der Reisezeiten und der Anzahl Fahrzeuge für die jeweiligen Routen.

Zur besseren Les- und Vergleichbarkeit wurden die Ergebnisse in den Tabellen der Kapitel 5.3 bis 5.5 mit einer aus Excel bedingten Formatierung versehen und eingefärbt. Die Farbe der Zellen zeigt dabei jeweils eine Ab- oder Zunahme der verglichenen Kennwerte an. In den vorliegenden Ergebnissen bedeutet ein negativer von gelb bis grün eingefärbter Wert eine Abnahme des Kennwertes zugunsten und ein von gelb über orange bis rot eingefärbter positiver Wert eine Zunahme zu Lasten des SST-Verfahrens. Dabei ist die Farbkräftigkeit der Farbskala ein Indikator für die Grösse des Unterschiedes zwischen den verglichenen Kennwerten. Je kräftiger die Farbe ist, desto grösser ist der Unterschied der miteinander verglichenen Werte. Diese Definition wurde gewählt, da es sich bei SST um das "neue" Steuerverfahren handelt, dessen Wirkung im Vergleich zu jener des etablierten FESA-Verfahrens untersucht wird. Die Farbgebung zeigt keine Wertung zwischen den Verfahren.

5.2 Sicherstellung Vergleichbarkeit

5.2.1 Baustellen

Die Bautätigkeiten rund um den Perimeter wurden berücksichtigt und sowohl mit dem Tiefbauamt des Kantons Zürich und der VZO als Betreiberin des ÖV im Perimeter abgesprochen. Die Bauarbeiten auf der Weststrasse hatten innerhalb der beiden Erhebungszeiträume 2021 keinen direkten Einfluss auf den Verkehrsablauf und die Linienführung des ÖV. Der Einfluss der Bauarbeiten auf die beiden Erhebungszeiträume ist somit vernachlässigbar.

Für den Vergleich der Buslinie 867 sei noch angemerkt, dass diese aufgrund einer Baustelle 2020 ab Bahnhof Wetzikon via Schellerstrasse verkehrte, weshalb bei beiden Phasen im Jahr 2020 höhere Reisezeiten verzeichnet wurden als 2021, da der Fahrweg länger war.

5.2.2 Ausweichverkehr

Um überprüfen zu können, ob der Wechsel zwischen den LSA-Steuerungen zu mehr Ausweichverkehr geführt hat, wurden die umliegenden Zählstellen des Kantons Zürich (Nr. 187, 190, 1691, 2788 und 2888; Topo-Boxen für 4886) ausgewertet, sowie an der Erlösenstrasse und der Guyer-Zeller-Strasse eine Verkehrserhebungen mit Seitenradargeräten durchgeführt.



Abb. 8 Übersichtskarte Verkehrserhebungsstandorte und potentielle Ausweichstrecken

Die Auswertung ergab, dass es aufgrund des Wechsels zwischen den Steuerverfahren zu keinem feststellbaren Ausweichverkehr gekommen ist. Die Kennzahlen der ausgewerteten Zählstellen, welche nachfolgend zusammenstellt sind, veränderten sich nicht signifikant.

Kennzahlen Zählstelle 190	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage	217'561	219'393
MSP (Mo – Fr)	1'211	1'221
ASP (Mo – Fr)	1'278	1'265
DWV (Mo – Fr)	16'137	16'170
DTV (Mo – So)	15'540	15'671

Tab. 1 Kennzahlen Zählstelle 190 SST (20.9. - 03.10.2021) / FESA (30.08. - 12.09.2021)

Kennzahlen Zählstelle 1691	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage	73'238	71'139
MSP (Mo – Fr)	443	432
ASP (Mo – Fr)	609	585
DWV (Mo – Fr)	5'732	5'561
DTV (Mo – So)	5'231	5'081

Tab. 2 Kennzahlen Zählstelle 1691 SST (20.9. - 03.10.2021) / FESA (30.08. - 12.09.2021)

Kennzahlen Zählstelle 2788	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage	155'282	149'257
MSP (Mo – Fr)	872	900
ASP (Mo – Fr)	888	870
DWV (Mo – Fr)	11'825	11'465
DTV (Mo – So)	11'092	10'661

Tab. 3 Kennzahlen Zählstelle 2788 SST (20.9. - 03.10.2021) / FESA (30.08. - 12.09.2021)

Kennzahlen Zählstelle 2888	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage	107'220	102'684
MSP (Mo – Fr)	615	607
ASP (Mo – Fr)	772	753
DWV (Mo – Fr)	8'395	8'060
DTV (Mo – So)	7'659	7'335

Tab. 4 Kennzahlen Zählstelle 2888 SST (20.9. - 03.10.2021) / FESA (30.08. - 12.09.2021)

Kennzahlen Erlösenstrasse	SST			FESA		
	von Wetzikon	von Hinwil	QS	von Wetzikon	von Hinwil	QS
Gesamt 14 Tage	46'394	41'980	88'374	43'246	39'189	79'189
MSP (Mo – Fr)	188	371	560	183	367	531
ASP (Mo – Fr)	495	358	853	477	349	779
DWV (Mo – Fr)	3'772	3'399	7'171	3'648	3'298	6'668
DTV (Mo – So)	3'314	2'999	6'312	3'089	2'799	5'656

Tab. 5 Kennzahlen Verkehrserhebung Erlösenstrasse SST (20.9. - 03.10.2021) / FESA (30.08. - 12.09.2021)

Kennzahlen Guyer-Zeller-Str.	SST			FESA		
	von Wetzikon	von Hinwil	QS	von Wetzikon	von Hinwil	QS
Gesamt 14 Tage	16'191	29'076	45'267	16'957	26'265	43'222
MSP (Mo – Fr)	101	212	312	108	219	327
ASP (Mo – Fr)	141	258	400	129	229	358
DWV (Mo – Fr)	1'302	2'344	3'646	1'375	2'233	3'608
DTV (Mo – So)	1'157	2'077	3'233	1'211	1'876	3'087

Tab. 6 Kennzahlen Verkehrserhebung Guyer-Zeller-Strasse SST (20.9. - 03.10.2021) / FESA (30.08. - 12.09.2021)

5.2.3 Vergleich Wetter

Das Wetter in den beiden Beobachtungszeiträumen war durchgehend trocken und sonnig. Die Temperaturen lagen knapp unter 20 Grad am Anfang und 13 Grad zum Ende des Testbetriebes hin. Die Wetterbedingungen waren in beiden Testphasen ähnlich. Es sind keine relevanten Einflüsse des Wetters auf das Verkehrsgeschehen zu erwarten.

Dat.	30.8.	31.8.	1.9.	2.9.	3.9.	4.9.	5.9.	6.9.	7.9.	8.9.	9.9.	10.9.	11.9.	12.9.
Temp. um 12.00 Uhr	19	18.5	18	18	18	17.5	17.5	17	17	17	17	17	16.5	16
Wetter	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken

Tab. 7 Wetterübersicht 30.08. - 12.09.2021 (Monitoring FESA)

Dat.	20.9.	21.9.	22.9.	23.9.	24.9.	25.9.	26.9.	27.9.	28.9.	29.9.	30.9.	1.10.	2.10.	3.10.
Temp. um 12.00 Uhr	15	15	15	15	15	15	15	14.5	14	14	14	13.5	13.5	13
Wetter	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken

Tab. 8 Wetterübersicht 20.09. - 03.10.2021 (Monitoring SST)

5.2.4 Vergleich mit Vorjahren

Um eine Aussage über die absoluten Verkehrszahlen zu machen, wurden 2020 bei den kantonalen Messstellen Nr. 187 und Nr. 4886 die aktuellen Kennzahlen aus den Kalenderwochen 34/35 und 37/38 mit den Daten aus den Jahren 2018 und 2019 verglichen. Im Jahr 2021 stand die Zählstelle 4886 nicht mehr zur Verfügung. An ihrem Querschnitt wurde der Verkehr mit Seitenradargeräten (TopoBoxen) erhoben. Der Erhebungszeitraum der TopoBoxen und der Messstelle 187 liegt in der KW 35/36 bzw. 38/39. Die Ergebnisse sind somit in etwa vergleichbar mit den Resultaten der Vorjahre.

Es ist gut ersichtlich, dass die Verkehrszahlen insgesamt sehr ähnlich sind. Die Zahlen aus dem Jahr 2019 sind etwas tiefer jedoch gibt es keine wesentlichen Differenzen zwischen den vier verglichenen Zeitspannen. Die Daten der Topo-Box sind in der KW 35/36 etwas höher als die der Zählstelle 4886. Die Vergleichbarkeit der Wirkungskontrolle in Bezug auf die Verkehrsmenge ist jedoch gegeben. Diese Erkenntnisse wurden beim Vergleich der Kalenderwochen 38/39 bzw. bestätigt und werden deshalb nicht detailliert dokumentiert.

Kennzahlen Zählstelle 187, KW 34/35	2018	2019	2020	2021
Gesamt 14 Tage	157'750	151'904	155'478	168'420
MSP (Mo – Fr)	759	715	701	789
ASP (Mo – Fr)	914	935	975	1'010
DWV (Mo – Fr)	12'155	11'785	12'165	12'978
DTV (Mo – So)	11'268	10'850	11'119	12'030

Tab. 9 Kennzahlen Zählstelle 187, KW 34/35, 2018 - 2021

Kennzahlen Zählstelle 4886, KW 34/35	2018	2019	2020	2021
Gesamt 14 Tage	232'537	229'828	238'194	251'544
MSP (Mo – Fr)	1'025	951	1'014	984
ASP (Mo – Fr)	970	1'016	1'092	1'140
DWV (Mo – Fr)	18'267	17'998	17'593	18'102
DTV (Mo – So)	17'920	17'698	17'014	17'967

Tab. 10 Kennzahlen Zählstelle 4886, KW 34/35, 2018 - 2020; 2021 KW 35/36

5.2.5 Fazit Vergleichbarkeit

Die Überprüfungen bezüglich des Ausweichverkehrs und des Wetters zeigten, dass die Randbedingungen für beide Erhebungsfenster vergleichbar waren und es keine Vor- oder Nachteile für eines der beiden Steuerverfahren gab. Die Ergebnisse der beiden Erhebungen können somit direkt miteinander verglichen und allfällige Unterschiede oder Veränderungen auf die jeweilige Steuerung zurückgeführt werden.

Die Aussagekraft der gewonnenen Erkenntnisse aus der Wirkungskontrolle kann anhand des Vergleichs der Verkehrsmengen während den Erhebungen mit den Verkehrsmengen der letzten beiden Jahre in den gleichen Zeiträumen als hoch eingestuft werden, da die Verkehrsmengen auf einem ähnlichen Niveau lagen.

5.3 LI1 A Reisezeiten MIV

5.3.1 Überblick

Die Auswertung der Reisezeiten, welche mittels den in Abb. 9 dargestellten Bluetooth-Detektoren durchgeführt wurde, ergab abhängig von der Tageszeit und den untersuchten Routen deutlich unterschiedliche Ergebnisse. In Abb. 10 sind die aggregierten Reisezeiten für alle 13 Detektor-Standorte aufgezeigt. Dazu wurden für jeden Start-Detektor alle davon abgehenden Routen unter der Berücksichtigung der Anzahl Fahrzeuge je Route gemittelt. Die detaillierten Reisezeiten aller 79 erhobenen Routen befinden sich im Anhang.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist insbesondere bei den schwächer frequentierten Zufahrten (Detektoren 2, 3, 5, 7, 11 und 12) und allgemein bei tiefem Verkehrsaufkommen zu berücksichtigen, dass teilweise nur eine geringe Anzahl an Messwerten vorlag und somit keine statistische Signifikanz gegeben ist. Um einen Eindruck über den gesamten Perimeter zu erhalten, werden diese Daten aber trotzdem aufgeführt. Die Erfassungsquote wie auch die absolute Anzahl der erfassten Fahrzeuge sind in Kap 4.5.1. bei der Erhebungsmethodik dargelegt.



Abb. 9 Übersichtskarte Bluetooth-Detektoren

Route	Start	Ende	Vergleich Reisezeiten SST vs FESA														
			MSP			ASP			DWV			Sa			So		
			FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]
-	1	-	184	168	-9%	211	188	-11%	183	162	-11%	176	154	-13%	138	127	-8%
-	2	-	159	165	4%	187	147	-21%	160	163	2%	139	145	4%	148	132	-11%
-	3	-	101	106	6%	103	111	8%	108	104	-4%	110	104	-5%	98	97	0%
-	4	-	122	114	-6%	140	129	-8%	119	108	-9%	113	93	-18%	93	77	-17%
-	5	-	103	111	7%	121	114	-6%	100	105	4%	97	101	4%	91	95	5%
-	6	-	125	167	34%	159	187	17%	125	151	21%	116	138	19%	103	111	8%
-	7	-	127	121	-5%	190	181	-5%	115	125	9%	93	105	13%	69	74	8%
-	8	-	97	98	1%	91	90	-1%	88	85	-3%	82	80	-2%	79	74	-7%
-	9	-	110	105	-4%	102	108	6%	93	94	1%	82	85	4%	78	81	3%
-	10	-	114	116	2%	106	121	14%	88	89	2%	74	79	8%	76	75	-1%
-	11	-	41	36	-11%	55	67	23%	40	46	13%	42	54	28%	36	46	27%
-	12	-	30	27	-10%	41	43	4%	32	34	6%	37	40	8%	31	46	50%
-	13	-	143	136	-5%	176	207	18%	121	121	-1%	104	112	8%	96	94	-2%

Abb. 10 Reisezeitenvergleich SST vs. FESA (Start 7, 11 und 14 haben Tiefe Anzahl erfasster Fahrzeuge)

In Abb. 10 ist zu erkennen, dass die Reisezeiten mit der Selbst-Steuerung an den Startpunkten 5 – 13 in der ASP, im DWV und am Wochenende tendenziell höher sind als mit der FESA-Steuerung. Ausnahme bildet hier die MSP, wo die Reisezeiten mit SST geringer ausfallen. Es zeigt sich aber auch, dass es je nach Beziehung und Tageszeit starke Unterschiede gibt.

Bezogen auf das gewichtete Mittel zeigt sich, dass mit der SST in der Morgenspitzenstunde und im DWV über alle Routen gesehen ähnliche bzw. leicht geringere Reisezeiten erzielt wurden wie mit FESA. Deutlichere Unterschiede sind während der ASP, am Samstag und teilweise am Sonntag zu verzeichnen. Hier ergeben sich für die Strecken 10 – 13 deutlich höhere Reisezeiten mit SST als mit FESA. Bei Startpunkt 12 sind diese am Sonntag sogar um 50% höher, was gleichzeitig auch der höchste Wert ist. Relativ gesehen sind die Reisezeiten hier mit 46 s jedoch tief. Bemerkenswert ist, dass bei der Bahnhofstrasse (Startpunkt 6) die Reisezeiten mit SST konstant über alle Kennwerte höher sind als mit FESA.

In den nächsten beiden Kapiteln werden die Reisezeiten entlang der Hauptachse von Uster (4) und Hinwil (13) unter Berücksichtigung der drei neuen Detektoren 1 – 3, welche bei der ersten Wirkungskontrolle noch nicht in Betrieb waren, detaillierter und weniger aggregiert betrachtet.

5.3.2 Hauptachse Uster → Hinwil

In diesem Kapitel werden die Reisezeiten von Uster her in Richtung Hinwil vertieft analysiert. Der Fokus liegt dabei auf der Hauptachse entlang der Zürcher- / Rapperswilerstrasse mit den Detektoren 1 – 4 – 8 – 10 – 13. Die Abbiegebeziehungen von der Hauptachse werden aus Gründen einer späteren Vergleichbarkeit mit dem ersten Monitoring, welche an dieser Stelle nicht stattfindet, nur für die Detektoren 4 – 8 – 10 – 13 berücksichtigt. Die Reisezeiten aller Routen mit Startdetektor 4 bzw. 1 sowie die weiteren Messabschnitte auf der Hauptachse ab den Detektoren 8 und 10 werden in folgender Tabelle aufgeführt:

			Vergleich Reisezeiten SST vs FESA														
			Ø: mittlere Reisezeit, Δ: negativer Wert = Abnahme in SST gegenüber FESA														
Route	Start	Ende	MSP			ASP			DWV			Sa			So		
			FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]
1	4	5	55	40	-28%	61	49	-19%	55	41	-25%	50	45	-9%	37	39	5%
2	4	6	150	136	-10%	175	178	2%	154	136	-12%	144	122	-15%	119	100	-16%
3	4	8	125	117	-6%	151	139	-8%	120	110	-9%	108	98	-9%	83	75	-9%
4	4	9	153	151	-1%	192	178	-7%	151	141	-6%	142	124	-13%	110	113	3%
5	4	10	176	171	-3%	198	191	-3%	166	159	-4%	156	141	-9%	125	115	-7%
6	4	13	198	192	-3%	228	222	-3%	191	184	-3%	179	165	-8%	144	136	-5%
25	8	10	50	50	1%	50	54	7%	49	51	4%	50	49	-2%	43	45	3%
26	8	13	71	73	3%	81	85	5%	74	76	3%	77	76	-1%	65	67	4%
37	10	13	24	26	6%	34	34	-2%	28	29	1%	31	30	-3%	23	24	5%
54	1	4	80	63	-21%	88	73	-17%	80	61	-24%	80	63	-21%	55	49	-11%
57	1	8	201	177	-12%	230	208	-9%	194	168	-13%	177	150	-15%	135	123	-9%
59	1	10	251	231	-8%	280	254	-9%	240	215	-10%	226	200	-12%	176	164	-7%
60	1	13	272	252	-8%	310	291	-6%	263	240	-9%	248	223	-10%	195	185	-6%

Abb. 11 Reisezeitenvergleich SST vs. FESA für Verkehr von Uster

In der Morgenspitzenstunde sind die Reisezeiten auf den Hauptbeziehungen mit SST leicht kleiner als mit FESA und sind sehr dicht beieinander. Auf der Beziehung 4 – 6 (Linksabbieger Zürcherstrasse Richtung Wetzikon Zentrum) nahmen die Reisezeiten mit SST um ca. 14 s resp. 10% ab. Eine ähnliche Abnahme konnte auch auf der Beziehung 1 – 8 beobachtet werden. Auf den Beziehungen 4 – 5 und 1 – 4 nahm die Reisezeit mit SST sogar um 28% bzw. 21% ab. Die Beziehungen 8 – 13 und 10 – 13 wiesen leicht höhere Reisezeiten im SST-Betrieb gegenüber dem FESA-Betrieb auf.

Allgemein kann festgehalten werden, dass die Reisezeiten auf der Hauptachse von Uster in Richtung Hinwil im SST-Betrieb geringer ausfallen als im FESA-Betrieb.

5.3.3 Hauptachse Hinwil → Uster

In diesem Kapitel werden die Reisezeiten von Hinwil her in Richtung Uster vertieft analysiert. Der Fokus liegt dabei auf der Hauptachse entlang der Rapperswiler- / Zürcherstrasse mit den Detektoren 13 – 10 – 8 – 4 – 1. Die Abbiegebeziehungen von der Hauptachse werden aufgrund der Vergleichbarkeit mit dem Vorjahr nur für die Detektoren 13 – 10 – 8 – 4 berücksichtigt. Die Reisezeiten von allen Routen mit Startdetektor 13 sowie die weiteren Messabschnitte auf der Hauptachse ab den Detektoren 10, 8 und 4 werden in folgender Tabelle aufgeführt:

		Vergleich Reisezeiten SST vs FESA															
		Ø: mittlere Reisezeit, Δ: negativer Wert = Abnahme in SST gegenüber FESA															
Route	Start	Ende	MSP			ASP			DWV			Sa			So		
			FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]
77	13	1	316	300	-5%	374	408	9%	269	262	-3%	232	247	6%	209	206	-1%
78	13	2	345	303	-12%	409	0*	-	389	326	-16%	287	358	25%	257	287	11%
79	13	3	312	277	-11%	378	417	10%	272	266	-2%	249	255	3%	227	223	-2%
44	13	4	222	208	-6%	253	267	6%	195	188	-3%	155	176	13%	148	146	-1%
45	13	5	237	207	-12%	292	318	9%	205	202	-1%	175	198	13%	171	171	0%
46	13	6	231	195	-16%	262	319	21%	197	194	-2%	167	174	4%	142	133	-6%
47	13	8	142	120	-15%	192	238	24%	117	116	-1%	93	111	18%	80	78	-2%
48	13	9	114	105	-8%	172	203	18%	105	109	3%	93	106	14%	71	86	22%
49	13	10	49	34	-31%	83	103	25%	45	44	-3%	41	45	9%	32	30	-6%
50	13	11	34	23	-34%	86	73	-15%	44	44	0%	58	50	-14%	37	38	2%
51	13	12	43	30	-31%	74	97	31%	42	43	2%	40	47	16%	37	32	-12%
33	10	8	93	90	-4%	103	121	17%	72	73	2%	52	65	26%	47	48	4%
21	8	4	118	114	-3%	122	111	-9%	106	100	-6%	92	92	0%	86	80	-7%
69	4	1	60	73	21%	56	58	5%	53	53	0%	51	51	0%	49	49	0%

Abb. 12 Reisezeitenvergleich SST vs. FESA für Verkehr von Hinwil
* in der Abendspitze wurde keine Fahrzeuge registriert

In der Morgenspitzenstunde konnte auf nahezu allen Beziehungen von Hinwil in Richtung Uster eine Abnahme der Reisezeiten mit SST gegenüber FESA beobachtet werden, teilweise um 30% (Beziehungen 13 – 10, 13 – 11, 13 – 12). Lediglich in der Beziehung 4 – 1 wurde im SST Betrieb eine Zunahme der Reisezeit um 21% (13 s) verzeichnet.

In der Abendspitzenstunde lagen die Reisezeiten auf beinahe allen Beziehungen von Hinwil mit SST gegenüber FESA deutlich höher. Dort fällt auf, dass es zwischen den Detektoren 4 und 1 nahezu keine Veränderung der Reisezeiten gegeben hat (2 s). Die Reisezeitverluste auf der Hauptachse in Richtung Uster in der ASP sind auf die Bereiche 13 – 10 (LSA 225) und 13 – 8 (Kreisel/LSA 127) zurückzuführen. Da die LSA 127 nur zur Busbevorzugung eingesetzt wird ist die Zunahme der Reisezeiten in diesem Bereich teilweise auch auf Rückstau vom Knoten 159 über den Detektor 8 hinaus zurückzuführen. Dies wird von der stärkeren Belegung der Rückstaudetektoren beim Knoten 159 während der SST-Phase bestätigt (siehe Kap.5.7.6). Eine Ausnahme bildet die Beziehung 8 – 4, welche in der Abendspitze eine Abnahme der Reisezeit im SST Betrieb zeigt (LSA 159 → LSA 128).

Betrachtet man den Zeitraum Montag – Freitag, so gibt es fast keine massgebenden Veränderungen der Reisezeiten zwischen beiden Betriebsmodi. Lediglich die Beziehung 13 – 2, also über den ganzen Abschnitt betrachtet, zeigt eine deutliche Verbesserung der Reisezeit im SST Betrieb um 63 s (16%).

Am Wochenende hingegen ähnelt der Samstag stark dem Verhalten in der Abendspitze, während am Sonntag, bis auf zwei Ausnahmen, eine leichte Abnahme der Reisezeit im SST Betrieb festgestellt werden kann. Die Zunahme der Reisezeiten im SST Betrieb wurde bei den Beziehungen 13 – 9 (15 s; 22%) und 13 – 2 (30 s; 11%) gemessen.

5.4 LI1 B Verlustzeiten MIV

5.4.1 Überblick

Ergänzend zu der in Kapitel 5.3 analysierten Reisezeit, wurden auf Grundlage der Bluetooth-Erhebung zusätzlich die mittlere und gesamte Verlustzeit berechnet. Die mittlere Verlustzeit wurde durch Subtraktion der mittleren Reisezeit von der freien Fahrzeit ermittelt. Als freie Fahrzeit wurde die Fahrzeit ausserhalb der FESA-Betriebszeit im Zeitraum von Montag – Samstag von 01.00 – 05.00 Uhr und am Sonntag sowie an Feiertagen von 01.00 – 07.00 Uhr angenommen. In der nachfolgenden Analyse wurde die freie Fahrzeit auf den Zeitraum von 01.30 – 04.30 Uhr begrenzt und dort pro Route berechnet. Die für die Analyse benötigte Gesamtverlustzeit wurde durch Multiplikation der mittleren Verlustzeit mit der Gesamtfahrzeugmenge pro Route berechnet.

Während für die Analyse der mittleren Reisezeit aus den Start- und End-Detektoren 79 Routen gebildet wurden, konnten für die Analyse der Gesamtverlustzeit lediglich 32 Routen berücksichtigt werden. Der Grund dafür ist, dass für die Ermittlung der Gesamtfahrzeugmenge zum einen eine eindeutige Zuordnung der Fahrzeuge zu den betrachteten Abschnitten notwendig und zum anderen eine Erfassung über mehrere sich überlappende Routen nicht sinnvoll ist. Im letzteren Fall würde es hier zu signifikanter Unschärfe in der Verkehrsmenge und somit in der Gesamtverlustzeit kommen.

Die Bestimmung der Gesamtfahrzeugmenge der 32 in diesem Abschnitt analysierten Routen wurde in zwei Kategorien aufgeteilt:

- Direkte Erfassung der Fahrzeugmenge:
Hier wurde die Anzahl Fahrzeuge direkt aus den Schlaufen der jeweiligen LSA ermittelt.
- Indirekte Erfassung der Fahrzeugmenge:
Hier wurde für das jeweilige Segment aus der Anzahl Fahrzeuge des Querschnitts und der über Bluetooth registrierten Fahrzeuge die Erfassungsquote des jeweiligen Detektors ermittelt. Anschliessend wurde über die Erfassungsquote und der pro Route registrierten Fahrzeuge die jeweilige Fahrzeugmenge berechnet.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist insbesondere auf den Zufahrten mit tiefem Verkehrsaufkommen zu berücksichtigen, dass teilweise nur wenige Messwerte vorlagen und somit keine statistische Signifikanz gegeben ist. Die Erfassungsquote wie auch die absolute Anzahl der erfassten Fahrzeuge der gesamten Erhebung sind in Kap 4.5.1 bei der Erhebungsmethodik dargelegt.

Route	Start	Ende	Vergleich Gesamtverlustzeiten SST vs FESA														
			MSP			ASP			DWV			Sa			So		
			FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]
-	1	-	720	348	-52%	933	541	-42%	9958	5766	-42%	9791	5637	-42%	4046	2510	-38%
-	2	-	44	43	-1%	130	102	-22%	1094	1214	11%	897	998	11%	450	420	-7%
-	3	-	15	46	215%	24	21	-10%	177	191	8%	245	251	2%	71	64	-10%
-	4	-	1006	1046	4%	1234	1151	-7%	18285	12972	-29%	12714	11867	-7%	8106	5558	-31%
-	5	-	82	46	-44%	125	60	-52%	687	642	-6%	442	443	0%	301	268	-11%
-	6	-	294	558	90%	684	894	31%	5128	7671	50%	3695	5883	59%	1807	2148	19%
-	7	-															
-	8	-	1521	1456	-4%	1792	1625	-9%	18841	17602	-7%	13860	14571	5%	8278	7510	-9%
-	9	-	356	319	-11%	356	476	34%	3475	3767	8%	2159	2919	35%	996	1269	27%
-	10	-	543	519	-4%	859	1004	17%	7713	12527	62%	5582	8104	45%	2806	3414	22%
-	11	-	6	8	36%	49	74	50%	263	377	44%	270	652	141%	9	47	428%
-	12	-															
-	13	-	274	141	-49%	542	673	24%	4125	3993	-3%	3787	4463	18%	1925	1659	-14%

Abb. 13 Vergleich Gesamtverlustzeiten SST vs. FESA (Start 7,11 und 14 haben Tiefe Anzahl erfasster Fahrzeuge)

In Abb. 13 ist gut zu erkennen, dass die Gesamtverlustzeiten mit der Selbst-Steuerung an den Startpunkten 6 und 9 – 13 in der ASP, dem DWV und am Wochenende tendenziell höher sind als mit der FESA-Steuerung. Eine Ausnahme bilden hier die MSP und der Sonntag mit Startpunkt 13. Es zeigt sich, dass es je nach Startpunkt und Tageszeit starke Unterschiede gibt.

An den Startpunkten 1 – 5 wurden mit SST im Vergleich zu FESA in der ASP und am Sonntag deutlich geringere Gesamtverlustzeiten festgestellt. Die Betrachtung der Kennwerte MSP, DWV und Samstag liessen hier keine eindeutige Tendenz erkennen und hängen stark von den Startpunkten ab.

Bemerkenswert ist jedoch, dass bei der Bahnhofstrasse (Startpunkt 6) die Gesamtverlustzeiten mit SST konstant über alle Kennwerte deutlich höher sind als mit FESA. Dies konnte bereits bei den Reisezeiten im vorherigen Abschnitt festgestellt werden. Genau umgekehrt verhält es sich auf der Zürcherstrasse bei Startpunkt 1. Hier sind die Gesamtverlustzeiten im SST-Betrieb verglichen mit FESA über alle Kennwerte deutlich niedriger.

Route	Start	Ende	Vergleich mittlere Verlustzeiten SST vs FESA														
			MSP			ASP			DWV			Sa			So		
			FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]	FESA [s]	SST [s]	Δ [%]
-	1	-	359	159	-56%	498	237	-52%	5000	2635	-47%	5429	3133	-42%	1843	1117	-39%
-	2	-	25	23	-8%	82	71	-14%	599	683	14%	480	545	13%	282	224	-21%
-	3	-	15	46	215%	24	21	-10%	177	191	8%	245	251	2%	71	64	-10%
-	4	-	305	342	12%	332	307	-8%	6462	3884	-40%	3891	3518	-10%	2879	1624	-44%
-	5	-	82	46	-44%	125	60	-52%	687	642	-6%	442	443	0%	301	268	-11%
-	6	-	207	362	75%	468	571	22%	3197	4733	48%	2132	3561	67%	1055	1420	35%
-	7	-															
-	8	-	494	476	-4%	539	481	-11%	6039	5616	-7%	4367	4600	5%	3124	2534	-19%
-	9	-	220	189	-14%	220	282	28%	1813	1968	9%	887	1320	49%	497	680	37%
-	10	-	212	205	-3%	296	328	11%	2939	3648	24%	2176	3009	38%	1053	1208	15%
-	11	-	6	8	36%	49	74	50%	263	377	44%	270	652	141%	9	47	428%
-	12	-															
-	13	-	256	131	-49%	471	587	25%	3710	3566	-4%	3247	3876	19%	1774	1504	-15%

Abb. 14 Vergleich mittlere Verlustzeiten SST vs. FESA (Start 7,11 und 14 haben Tiefe Anzahl erfasster Fahrzeuge)

Die Analyse der mittleren Verlustzeiten pro Fahrzeug (Abb. 14) bestätigt im Prinzip die vorangehende Analyse der Gesamtverlustzeiten und wird daher nicht weiter diskutiert. Die Unterschiede der mittleren Verlustzeiten zwischen den beiden Steuerverfahren sind jedoch nicht so deutlich ausgeprägt wie bei der Gesamtverlustzeit.

Dort, wo sich die Ergebnisse zwischen gesamter und mittlerer Verlustzeit gleichen (Startpunkte 3, 5 und 11), gab es jeweils nur geringe Fahrzeugmengen für den betreffenden Startpunkt.

5.4.2 Hauptachse Uster → Hinwil

In diesem Kapitel werden die Gesamtverlustzeiten von Uster nach Hinwil vertieft analysiert. Der Fokus liegt dabei auf der Hauptachse entlang der Zürcher- / Rapperswilerstrasse mit den Detektoren 1 – 4 – 8 – 10 – 13. Aufgrund der Vorgabe, dass nur Abschnitte unmittelbar benachbarter Bluetooth-Detektoren verwendet werden, können von den 12 möglichen Beziehungen lediglich 4 ausgewertet und analysiert werden. Die Gesamtverlustzeiten der Routen mit Startdetektor 1, 4, 8 und 10 werden in folgender Tabelle aufgeführt. Die nicht betrachteten Routen werden leer gelassen.

			Vergleich Gesamtverlustzeiten SST vs FESA														
			Ø: mittlere Verlustzeit, Δ: negativer Wert = Abnahme in SST gegenüber FESA														
Route	Start	Ende	MSP			ASP			DWV			Sa			So		
			FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]
1	4	5															
2	4	6	132	125	-5%	167	211	27%	2047	1805	-12%	2118	1778	-16%	1200	1101	-8%
3	4	8	537	475	-12%	733	624	-15%	12154	7404	-39%	7331	6334	-14%	4772	2444	-49%
4	4	9															
5	4	10															
6	4	13															
25	8	10	96	98	2%	127	150	18%	1605	1873	17%	2010	1797	-11%	664	811	22%
26	8	13															
37	10	13	71	85	19%	171	166	-3%	1853	1960	6%	2390	2239	-6%	851	950	12%
54	1	4	431	190	-56%	601	290	-52%	6090	3174	-48%	6469	3723	-42%	2139	1266	-41%
57	1	8															
59	1	10															
60	1	13															

Abb. 15 Reisezeitenvergleich SST vs. FESA für Verkehr von Uster

Bis auf die ASP nahmen die Gesamtverlustzeiten für alle Kennwerte auf der Beziehung 4 – 6 (Linksabbieger Zürcherstrasse Richtung Wetzikon Zentrum) im SST-Betrieb zwischen 5% und 16% ab. In der ASP wurde im SST-Betrieb eine Zunahme der Gesamtverlustzeit um 27% registriert. Eine Abnahme bei allen Kennwerten wurde auf den Beziehungen 1 – 4 (zwischen 41% und 56%) und 4 – 8 (zwischen 12% und 49%) registriert. Auf der Beziehung 8 – 10 sind lediglich am Samstag geringere Verlustzeiten im SST-Betrieb verzeichnet worden. In der ASP, im DWV und am Sonntag waren die Verlustzeiten im FESA-Betrieb am geringsten. In der MSP wurde nahezu kein Unterschied zwischen beiden Steuerverfahren festgestellt. Keine eindeutigen Zu- und Abnahmen konnten auf der Beziehung 10 – 13 festgestellt werden. Während in der MSP und am Sonntag die Gesamtverlustzeit im SST-Betrieb höher war als bei FESA, war es in der ASP, MSP und am Samstag genau umgekehrt.

Allgemein kann festgehalten werden, dass die Gesamtverlustzeit auf der Hauptachse von Uster in Richtung Hinwil im SST-Betrieb geringer ausfällt als im FESA-Betrieb. Dies konnte bereits bei den Reisezeiten im vorherigen Abschnitt festgestellt werden. Die Gesamtverlustzeit lässt die Änderungen zwischen den Steuerverfahren jedoch deutlicher hervortreten als die Betrachtung der mittleren Reisezeit.

5.4.3 Hauptachse Hinwil → Uster

In diesem Kapitel werden die Gesamtverlustzeiten von Hinwil her in Richtung Uster vertieft analysiert. Der Fokus liegt dabei auf der Hauptachse entlang der Rapperswiler- / Zürcherstrasse mit den Detektoren 13 – 10 – 8 – 4 – 1. Aufgrund der in Kapitel 5.4.1 beschriebenen Randbedingungen können an dieser Stelle lediglich 6 von 14 Beziehungen analysiert werden. Die Gesamtverlustzeit von allen Routen mit Startdetektor 13 sowie die weiteren Messabschnitte auf der Hauptachse ab den Detektoren 10, 8 und 4 werden in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Die nicht analysierbaren Routen werden leer gelassen.

			Vergleich Gesamtverlustzeiten SST vs FESA														
			Ø: mittlere Verlustzeit, Δ: negativer Wert = Abnahme in SST gegenüber FESA														
Route	Start	Ende	MSP			ASP			DWW			Sa			So		
			FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]	FESA [min.]	SST [min.]	Δ [%]
77	13	1															
78	13	2															
79	13	3															
44	13	4															
45	13	5															
46	13	6															
47	13	8															
48	13	9															
49	13	10	267	137	-49%	505	633	25%	3915	3770	-4%	3450	4134	20%	1836	1569	-15%
50	13	11	3	1	-65%	25	19	-24%	131	133	2%	258	196	-24%	18	24	34%
51	13	12	5	2	-51%	13	21	64%	79	91	15%	79	134	69%	71	65	-8%
33	10	8	421	389	-8%	532	635	19%	4842	5091	5%	2408	4519	88%	1421	1641	16%
21	8	4	1005	956	-5%	1104	919	-17%	12399	11111	-10%	8445	8871	5%	6457	4984	-23%
69	4	1	249	370	49%	186	213	14%	2486	2465	-1%	2162	2205	2%	1435	1401	-2%

Abb. 16 Reisezeitenvergleich SST vs. FESA für Verkehr von Hinwil

In Richtung Uster konnte in der MSP, bis auf Beziehung 4 – 1, überall eine Abnahme der Gesamtverlustzeit mit SST gegenüber FESA beobachtet werden (zwischen 5% und 65%). Bei der Interpretation der Beziehungen 13 – 11 und 13 – 12 ist jedoch Vorsicht angezeigt, da die Grundlage auf jeweils nur 10 Fahrzeugen in der MSP und ASP basiert. Auf der Beziehung 4 – 1 wurde im SST-Betrieb eine Zunahme der Gesamtverlustzeit um 49% verzeichnet.

In der Abendspitzenstunde nahmen die Reisezeiten auf vier von sechs ausgewerteten Beziehungen von Hinwil mit SST deutlich zu. Die Verlustzeiten auf der Hauptachse in Richtung Uster in der ASP sind auf die Bereiche 13 – 10 (LSA 225) und 10 – 8 (Kreisel/LSA 127) zurückzuführen. Da die LSA 127 nur zur Busbevorzugung eingesetzt wird, ist die Zunahme der Reisezeiten in diesem Bereich teilweise auch auf Rückstau vom Knoten 159 über den Detektor 8 hinaus zurückzuführen. Dies wird von der stärkeren Belegung der Rückstaudetektoren beim Knoten 159 während der SST-Phase bestätigt (siehe Kap. 5.7.6). Auf der Beziehung 8 – 4 wurde in der Abendspitze eine Abnahme der Gesamtverlustzeit im SST-Betrieb beobachtet (LSA 159 → LSA 128: -17%).

Bei Betrachtung der Beziehung 8 – 4 kann festgestellt werden, dass die Gesamtverlustzeit im SST-Betrieb, bis auf den Samstag, im Vergleich zu FESA überall niedriger ausfällt (zwischen 5% und 23%). Auch hier ist die Tendenz bei den untersuchten Beziehungen ähnlich denen bei den mittleren Reisezeiten. Die Betrachtung der Gesamtverlustzeit lässt jedoch die Unterschiede zwischen den Steuerverfahren wesentlich deutlicher hervortreten als bei der Betrachtung der mittleren Reisezeit.

5.5 LI2 Reisezeiten ÖV

Mit der Selbst-Steuerung konnten die Reisezeiten der untersuchten Buslinien, bis auf Linie 857 Bhf – Wildbach, gegenüber FESA reduziert werden. Die Reduktion des 84. Perzentils der Reisezeit innerhalb des Untersuchungsperimeters beträgt je nach Linie und Tageszeit zwischen 5% und 26%. Bei den einzelnen Linien fallen die Reduktionen je nach untersuchtem Zeitraum oft unterschiedlich aus. In der MSP ist das gewichtete Mittel der Reisezeit im SST-Betrieb deutlich niedriger als in der ASP. Über alle Linien betrachtet schneidet die Selbst-Steuerung zu allen Tageszeiten ähnlich gut ab.

Der Vergleich der einzelnen Linien zeigt auch, dass weitere Faktoren wie Frequenz, Abfahrtszeiten, Standplatz am Bahnhof und das Verkehrs- und Fussgängeraufkommen einen Einfluss auf die Reisezeit haben. Dies ist erkennbar, an den unterschiedlichen absoluten und relativen Veränderungen verschiedener Buslinien auf denselben Streckenabschnitten und Tageszeiten, wie z.B. die Buslinien 851 und 857 vom Bahnhof Wetzikon nach Wildbach.

Buslinie	Vergleich 84. Perzentil Reisezeiten ÖV								
	Ø: mittlere Reisezeit, Δ: negativer Wert = Abnahme in SST gegenüber FESA								
	MSP (06 - 08 Uhr)			ASP (16 - 18 Uhr)			Mo - So (11 - 13 Uhr)		
	Ø FESA	Ø SST	Δ	Ø FESA	Ø SST	Δ	Ø FESA	Ø SST	Δ
[s]	[s]	[%]	[s]	[s]	[%]	[s]	[s]	[%]	
851 Bhf - Wildbach	102	90	-12%	97	96	-1%	105	96	-9%
857 Bhf - Wildbach	146	108	-26%	133	131	-2%	127	109	-14%
857 Wildbach - Bhf	95	109	15%	127	142	12%	96	109	14%
867 Bhf - Alpenblick	146	134	-8%	153	145	-5%	143	126	-12%
869 Bhf - Stadion	145	114	-21%	145	135	-7%	142	125	-12%
869 BhfSüd - Bhf	184	162	-12%	198	157	-21%	186	155	-17%
Gewichtetes Mittel	139	121	-13%	143	133	-7%	126	116	-8%

Abb. 17 Reisezeiten ÖV für ausgewählte Buslinien im Perimeter der SST

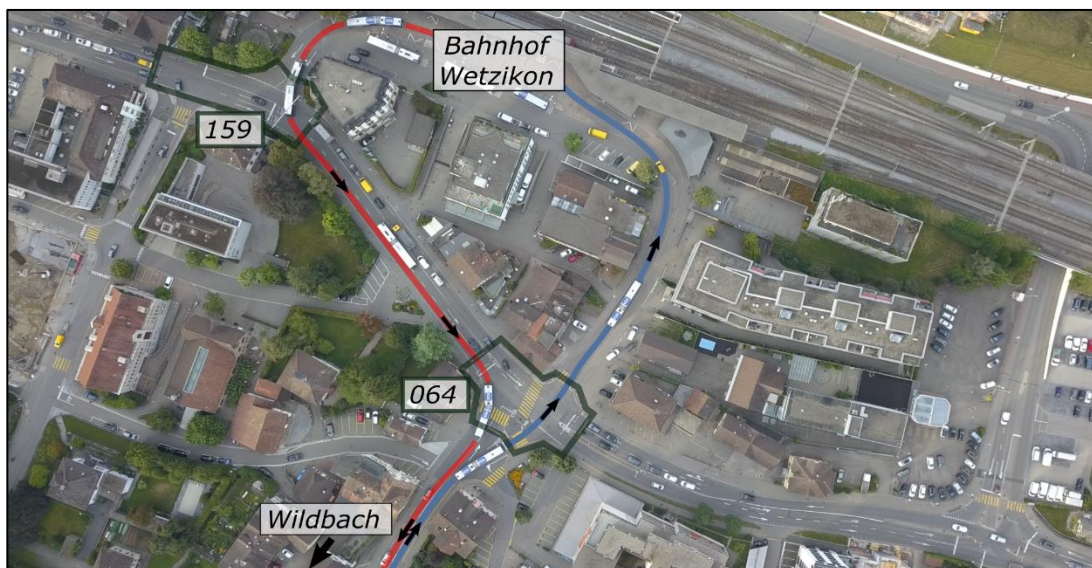


Abb. 18 Linienführung der Busse vom Bahnhof Richtung Wetzikon Zentrum (rot) und in der Gegenrichtung (blau)

Die Reduktionen lassen sich am Beispiel der Linie 851 auf eine Verbesserung der Reisezeit auf dem ganzen Abschnitt zurückführen, was in Abb. 19 und Abb. 20 gut erkennbar ist. Die Wirkung der SST gegenüber FESA hat bei der Linie 851 insgesamt zu einer gleichmässigen Verbesserung der Reisezeit geführt. Dies wird besonders im 95%. Perzentil ersichtlich.

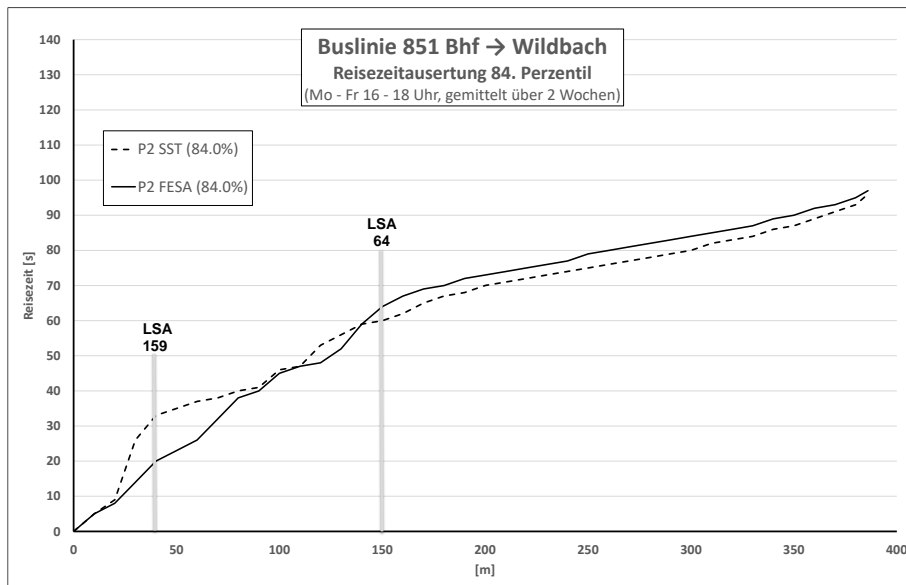


Abb. 19 Buslinie 851 Bahnhof Wetzikon → Wildbach, Reisezeiten Montag - Freitag, 16.00 - 18.00 Uhr, 84. Perzentil

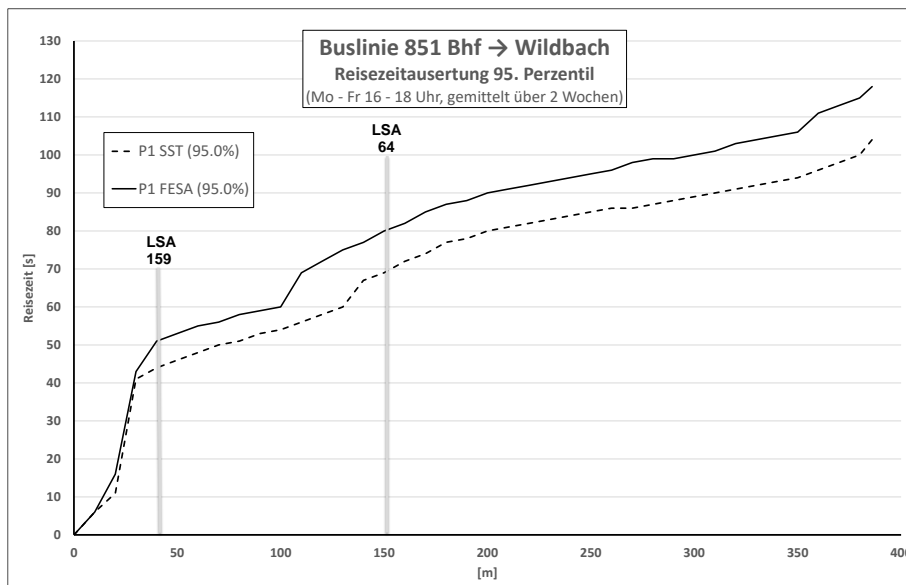


Abb. 20 Buslinie 851 Bahnhof Wetzikon → Wildbach, Reisezeiten Montag - Freitag, 16.00 - 18.00 Uhr, 95. Perzentil

In der Gegenrichtung (Abb. 21 und Abb. 22) fielen mit dem SST-Verfahren sowohl das 84. Perzentil als auch das 95. Perzentil deutlich höher aus. Die von Wildbach kommenden Busse verlieren deutlich mehr Zeit beim Queren der Bahnhofstrasse in Richtung Bahnhof.

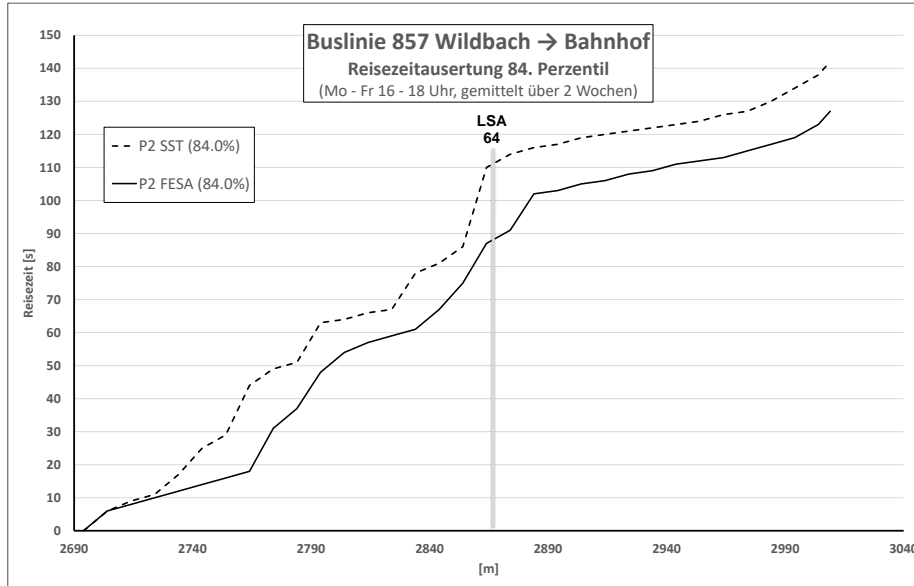


Abb. 21 Buslinie 857 Wildbach → Bahnhof Wetzikon, Reisezeiten Montag - Freitag, 16.00 - 18.00 Uhr, 84. Perzentil

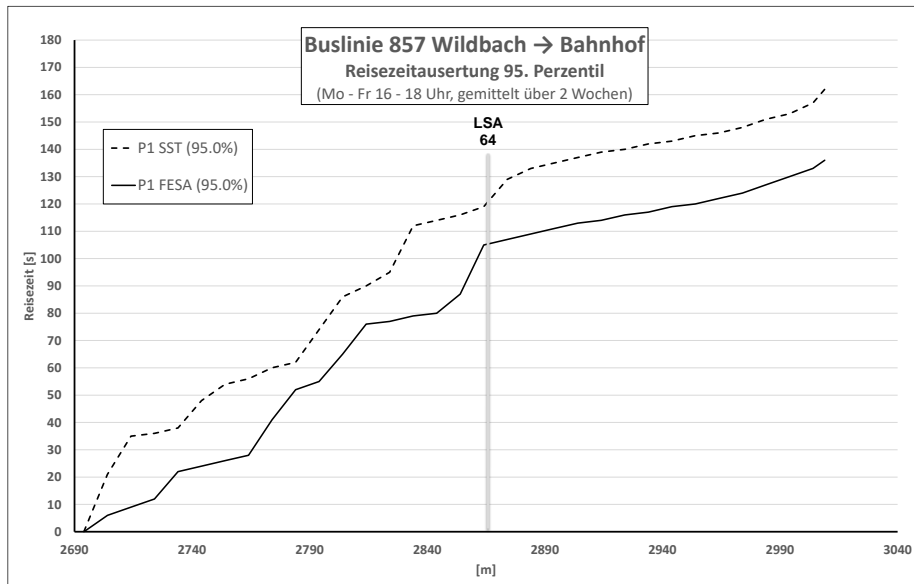


Abb. 22 Buslinie 857 Wildbach → Bahnhof Wetzikon, Reisezeiten Montag - Freitag, 16.00 - 18.00 Uhr, 95. Perzentil

5.6 LI3 Verarbeitete Verkehrsmengen

Die Verkehrsmengen innerhalb des Perimeters wurden während des kompletten Monitoringzeitraums (30.08. – 12.09.2021 und 20.09. – 03.10.2021) erfasst. Dazu wurden Daten der Zählsschleifen an den einzelnen LSA-Knoten verwendet. Anhand dieser Daten konnten die Verkehrszahlen im SST- und der FESA-Betrieb miteinander verglichen werden.

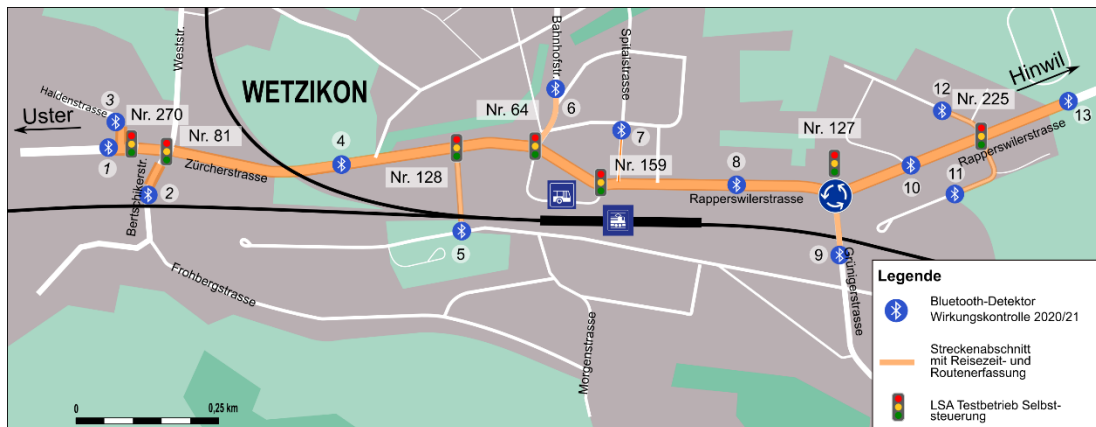


Abb. 23 Übersicht LSA-Knoten

Die Verkehrszahlen an den sieben Knoten sind in den zwei Beobachtungszeiträumen sehr ähnlich. Die Kennzahlen unter der Woche und am Wochenende sind praktisch gleich gross, der Verkehr war in der SST-Phase jedoch leicht höher. Das Verkehrsaufkommen an den sieben Knoten ist in den Beobachtungszeiträumen vergleichbar.

Nachfolgend sind die wichtigsten Kennzahlen für die beiden Beobachtungszeiträume an allen LSA-Knoten aufgeführt. sowie die Tages- und Wochenganglinie exemplarisch am Beispiel des Knotens 064 abgebildet.

Kennzahlen Knoten 081	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage [Fz]	320'755	312'773
DTV [Fz/d]	22'911	22'341
DWV [Fz/d]	23'647	23'041
DWeV (Wochenendverkehr) [Fz/d]	21'071	20'592
MSP (von DWV) [Fz/h]	1'458	1'469
ASP (von DWV) [Fz/h]	1'595	1'566

Tab. 11 Kennzahlen Knoten 81 SST (20.09. – 03.10.2021) und FESA (30.08. – 12.09.2021)

Kennzahlen Knoten 270	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage [Fz]	301'388	306'378
DTV [Fz/d]	21'528	21'884
DWV [Fz/d]	21'851	22'514
DWeV (Wochenendverkehr) [Fz/d]	20'720	20'310
MSP (von DWV) [Fz/h]	1'293	1'450
ASP (von DWV) [Fz/h]	1'576	1'545

Tab. 12 Kennzahlen Knoten 270 SST (20.09. – 03.10.2021) und FESA (30.08. – 12.09.2021)

Kennzahlen Knoten 128	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage	328'389	321'079
DTV	23'456	22'934
DWV	24'300	23'741
DWeV (Wochenendverkehr)	21'348	20'887
MSP (von DWV)	1'524	1'537
ASP (von DWV)	1'610	1'606

Tab. 13 Kennzahlen Knoten 128 SST (20.09. – 03.10.2021) und FESA (30.08. – 12.09.2021)

Kennzahlen Knoten 064	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage	439'791	431'633
DTV	31'414	30'831
DWV	32'684	32'173
DWeV (Wochenendverkehr)	28'237	26'138
MSP (von DWV)	1'998	2'002
ASP (von DWV)	2'191	2'218

Tab. 14 Kennzahlen Knoten 064 (20.09. – 03.10.2021) und FESA (07. - 20.09.2020)

Kennzahlen Knoten 159	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage	692'208*	683'032
DTV	49'443	48'788
DWV	51'325	50'729
DWeV (Wochenendverkehr)	44'739	43'935
MSP (von DWV)	3'671	3'300
ASP (von DWV)	4'717	3'472

Tab. 15 Kennzahlen Knoten 159 SST (20.09. – 03.10.2021) und FESA (30.08. – 12.09.2021)

Kennzahlen Knoten 127	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage	826'414	807'860
DTV	59'030	57'704
DWV	61'225	60'052
DWeV (Wochenendverkehr)	53'541	51'835
MSP (von DWV)	3'679	3'691
ASP (von DWV)	4'339	4'316

Tab. 16 Kennzahlen Knoten 127 SST (20.09. – 03.10.2021) und FESA (30.08. – 12.09.2021)

Kennzahlen Knoten 225	SST (QS)	FESA (QS)
Gesamt 14 Tage	298'931	292'322
DTV	21'352	20'880
DWV	21'809	21'378
DWeV (Wochenendverkehr)	20'210	19'636
MSP (von DWV)	1'142	1'153
ASP (von DWV)	1'380	1'391

Tab. 17 Kennzahlen Knoten 225 SST (20.09. – 03.10.2021) und FESA (30.08. – 12.09.2021)

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Tages- und die Wochenganglinie exemplarisch am Beispiel des Knoten 064.

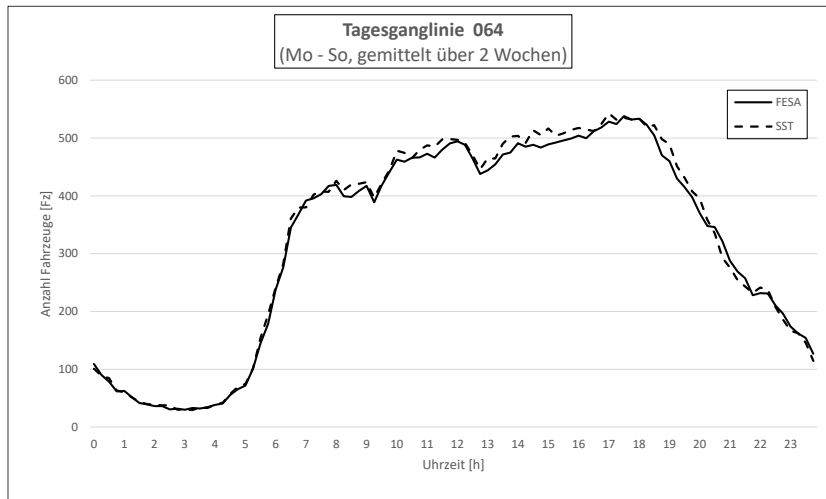


Abb. 24 Knoten 064, Tagesganglinie, SST (20.09. – 03.10.2021) und FESA (30.08. – 12.09.2021)

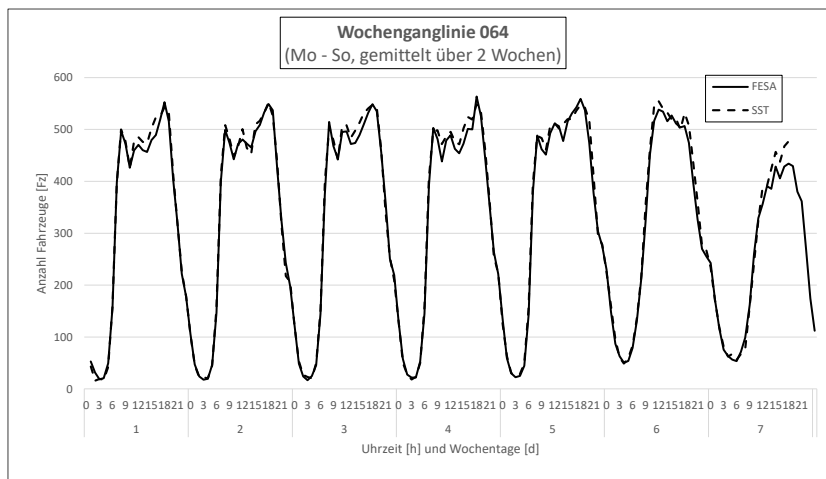


Abb. 25 Knoten 064, Wochenganglinie, SST (20.09. – 03.10.2021) und FESA (30.08. – 12.09.2021)

5.7 LI4 Rückstau

5.7.1 Überblick

Der Rückstau wurde anhand der LSA-Schlaufendaten erfasst und ausgewertet. Dabei wurden die Knoten Nr. 270, 81, 128, 64, 159, 127 und 225 genauer betrachtet. Die Veränderungen der Belegung der Rückstaudetektoren werden jeweils mit Grafiken für die einzelnen Fahrrichtungen veranschaulicht. Die restlichen Auswertungen befinden sich im Anhang.

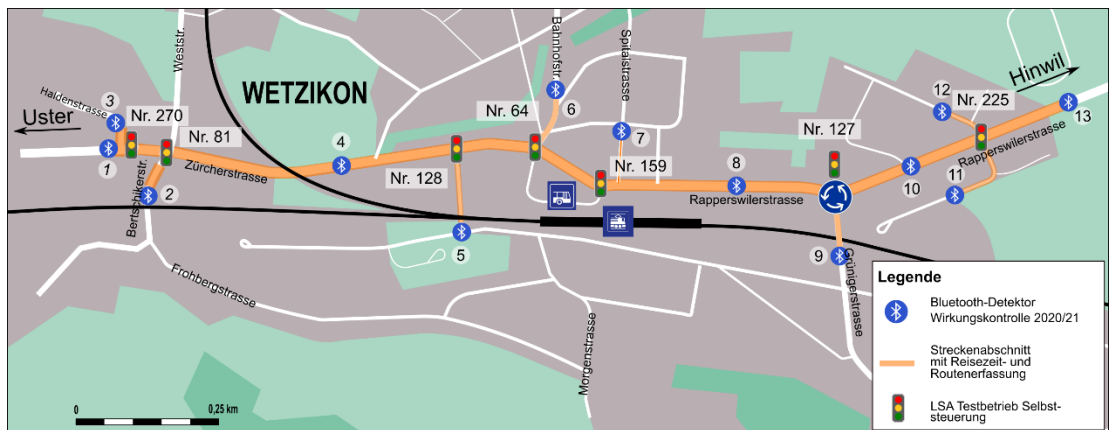


Abb. 26 Übersicht mit LSA-Knoten

5.7.2 Knoten Nr. 270

Über den ganzen Knoten und den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet ist die Belegung der Rückstaudetektoren bei SST gegenüber FESA sehr ähnlich. Die Unterschiede liegen im Bereich von 1 – 2%-Punkten. Auch bei der Betrachtung der Rückstaulängen über die einzelnen Stunden ist dies erkennbar. In Fahrrichtung von Uster nach Hinwil ist die Belegung der Rückstaudetektoren in der SST-Phase 2%-Punkte niedriger.

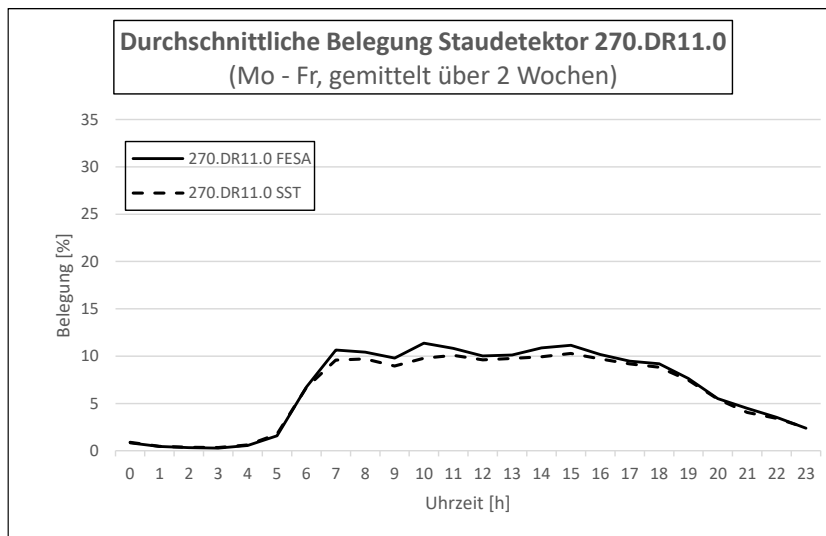


Abb. 27 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 270 von Uster nach Hinwil

In allen anderen Fahrtrichtungen am Knoten 270 ist praktisch kein Unterschied zwischen SST und FESA zu erkennen. Als Beispiel dient folgende Abbildung, welche die Belegung der Rückstaudetektoren in Fahrtrichtung von Hinwil nach Uster aufzeigt. Die Belegung in der SST-Phase ist hier nicht mal 1%-Punkt höher als in der FESA-Phase.

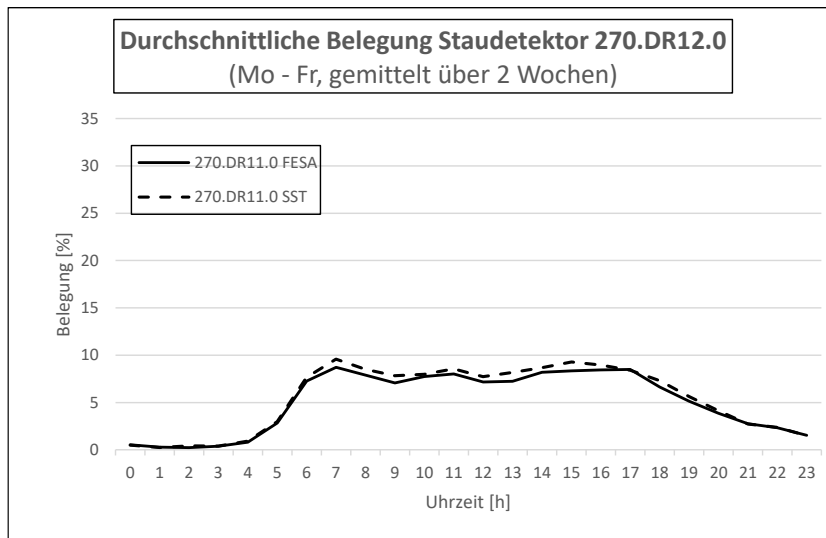


Abb. 28 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 270 von Hinwil nach Uster

5.7.3 Knoten Nr. 081

Über den ganzen Knoten und den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet ist die mittlere Belegung der Rückstaudetektoren bei SST gegenüber FESA sehr ähnlich (SST 2.6 % / FESA 2.2%). Betrachtet man die Rückstaulängen über die einzelnen Stunden erkennt man, dass in Fahrtrichtung von Uster nach Hinwil die Belegung der Rückstaudetektoren in der SST-Phase gegenüber FESA ca. um 10%-Punkte tiefer ist, in der ASP sogar 18%-Punkte.

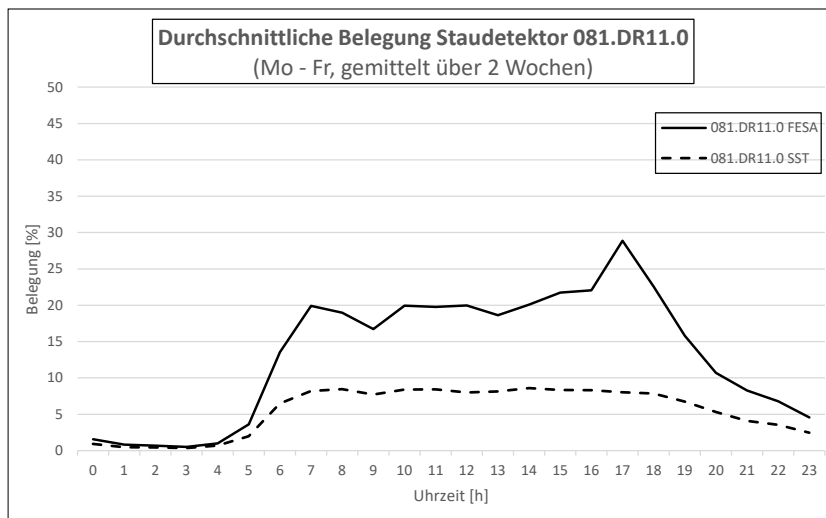


Abb. 29 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 081 von Uster nach Hinwil

In allen anderen Fahrrichtungen am Knoten 081 ist praktisch kein Unterschied zwischen SST und FESA erkennbar. Als Beispiel dient folgende Abbildung, welche die Belegung der Rückstaudetektoren in Fahrrichtung von Hinwil nach Uster aufzeigt.

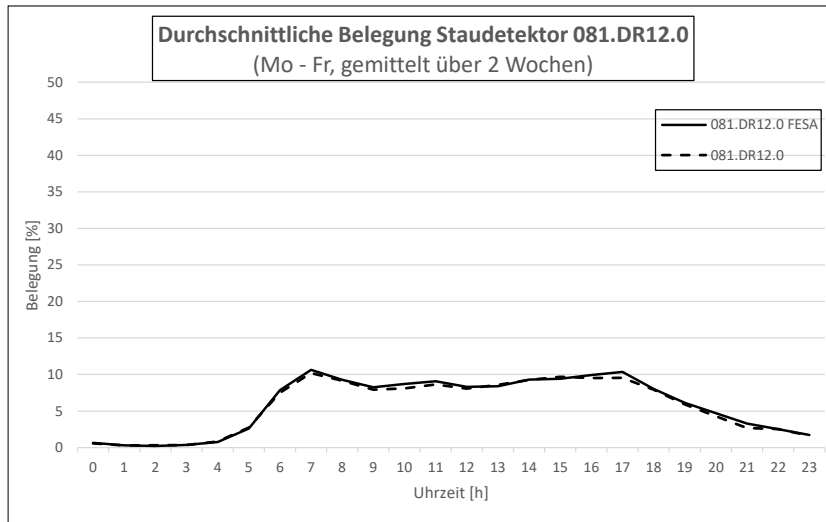


Abb. 30 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 081 von Hinwil nach Uster

5.7.4 Knoten Nr. 128

Über den ganzen Knoten und den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet ist die Belegung der Rückstaudetektoren bei SST gegenüber FESA sehr ähnlich (SST 5.5% / FESA 5.6%). Wird jetzt nur die Rückstaulängen über die einzelnen Stunden betrachtet, ist erkennbar, dass in Fahrrichtung von Uster nach Hinwil die Belegung der Rückstaudetektoren in der SST-Phase insgesamt um ca. 15 – 20%-Punkte geringer ausfällt als in der FESA-Phase.

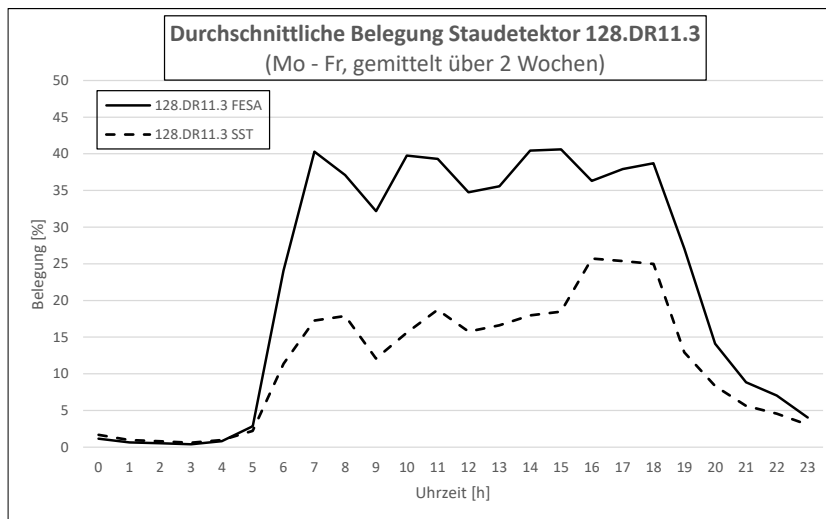


Abb. 31 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 128 von Uster nach Hinwil

In allen anderen Fahrtrichtungen am Knoten 128 ist praktisch kein Unterschied zwischen SST und FESA zu erkennen. Als Beispiel dient folgende Abbildung, welche die Belegung der Rückstaudetektoren in Fahrtrichtung von Hinwil nach Uster aufzeigt. Lediglich im Bereich der MSP ist die Belegung in der SST-Phase um 2%-Punkte geringer als in der FESA-Phase.

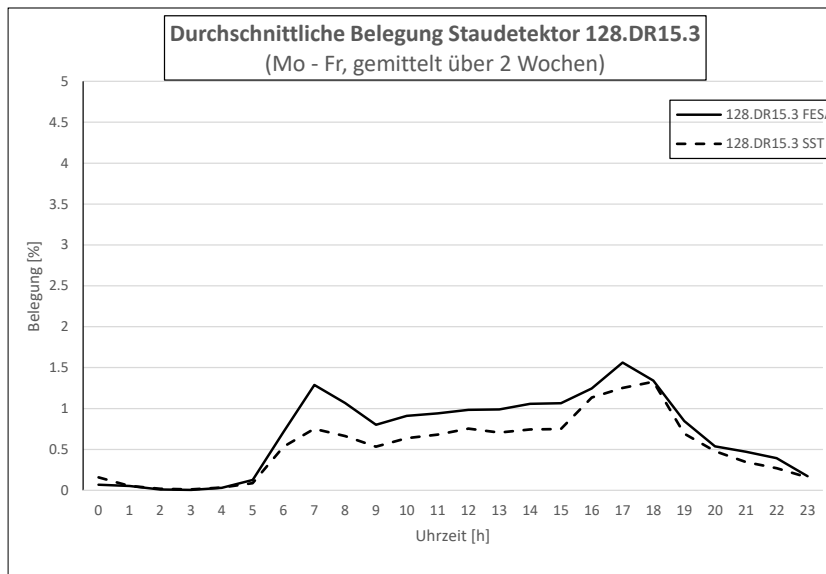


Abb. 32 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 128 von Hinwil nach Uster

5.7.5 Knoten 064

Über den ganzen Knoten und den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet ist die Belegung der Rückstaudetektoren bei SST gegenüber der FESA sehr ähnlich (Differenz weniger als 1%). In Fahrtrichtung von Hinwil nach Uster sind die Rückstaudetektoren mit SST gegenüber FESA in den Spitzenstunden weniger, tagsüber hingegen leicht höher belegt ($\pm 2 - 7\%$ -Punkte).

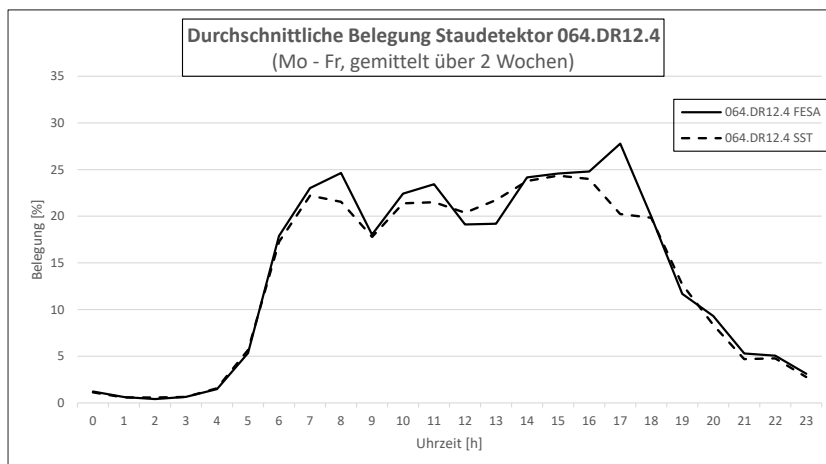


Abb. 33 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 064 von Hinwil nach Uster

In den anderen Fahrtrichtungen am Knoten 064 gibt es über den Tag betrachtet eine Erhöhung in der SST- gegen über der FESA-Phase im Bereich von 2 – 7%-Punkten. Als Beispiel dient die folgende Abbildung, welche die Fahrtrichtung von Uster nach Hinwil aufzeigt.

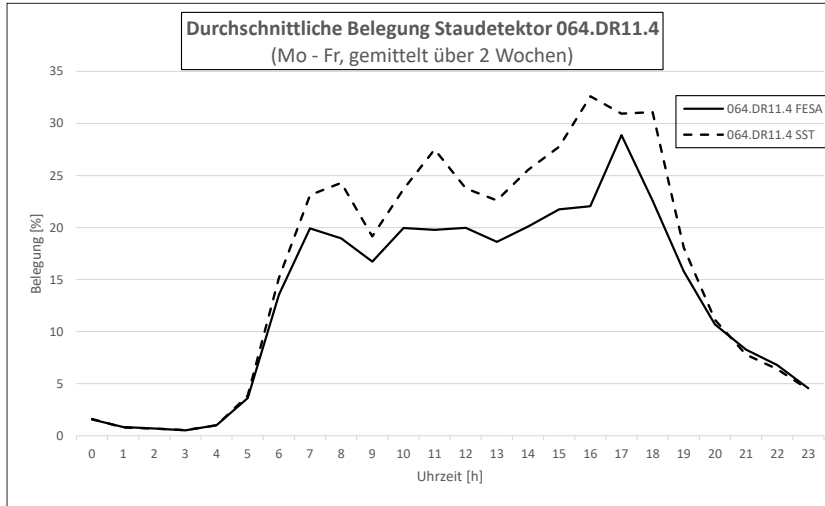


Abb. 34 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 064 von Uster nach Hinwil

5.7.6 Knoten 159

Über den ganzen Knoten und den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet ist die Belegung der Rückstaudetektoren bei SST gegenüber der FESA höher (3 – 7%-Punkte). Werden die einzelnen Fahrtrichtungen betrachtet, verändert sich die Belegung der Rückstaudetektoren jedoch unterschiedlich. In Fahrtrichtung von Uster nach Hinwil (Abb. 35) ist der Rückstau bei SST über den ganzen Tag 5%-Punkte höher, in der MSP 7%-Punkte und in der ASP 10%-Punkte.

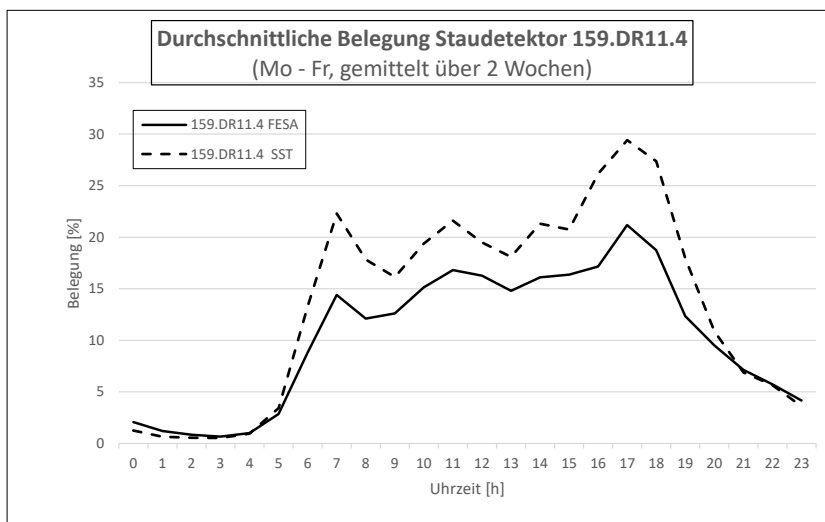


Abb. 35 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 159 von Uster nach Hinwil

In der Gegenrichtung ist der Rückstau in der ASP und MSP um 5%-Punkte höher (Abb. 36), in den Zwischenzeiten jedoch nahezu gleich mit der FESA-Phase. Beim weiter vom Knoten entfernten Detektor DR 11.5 sieht es ähnlich aus (Abb. 37).

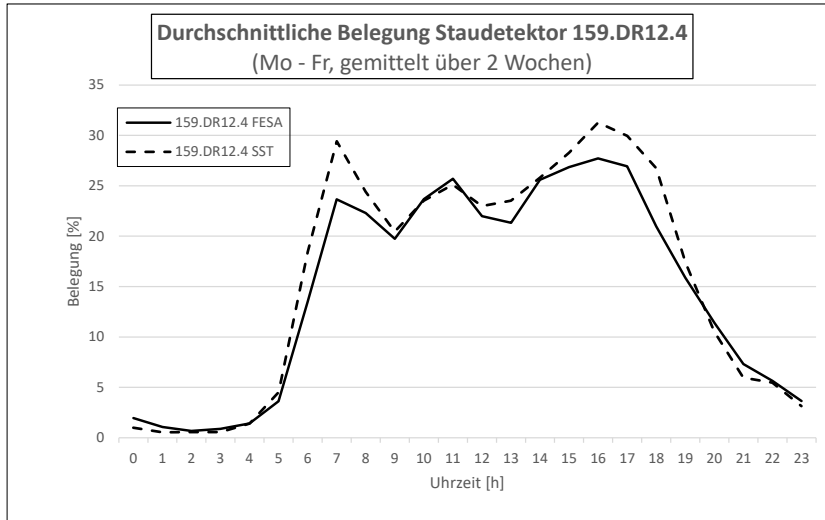


Abb. 36 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 159 von Hinwil nach Uster, 80 m vom Knoten entfernt

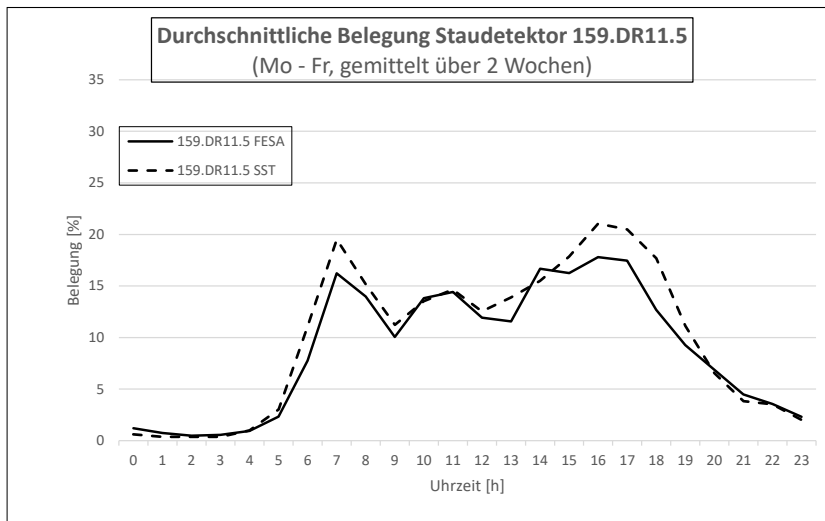


Abb. 37 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 159 von Hinwil nach Uster, 150 m vom Knoten entfernt

5.7.7 Knoten 127

Betrachtet man den Knoten als Ganzes über den gesamten Beobachtungszeitraum ist die Belegung der Rückstaudetektoren bei der SST gegenüber der FESA teilweise bis zu 12%-Punkte höher. Dies resultiert daher, dass die Rückstaudetektoren in den Abendspitzenstunden bei SST deutlich stärker belegt sind. Die folgende Abbildung steht stellvertretend für alle Fahrtrichtungen.

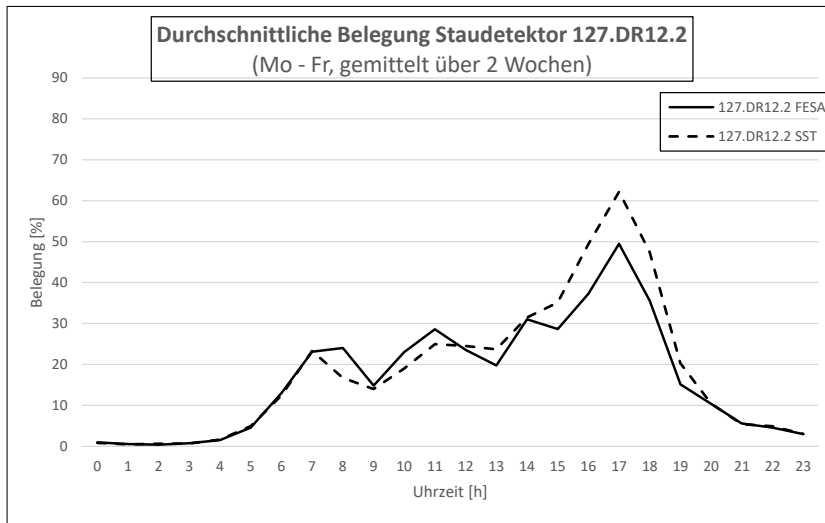


Abb. 38 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 127 von Hinwil nach Uster vor Kreisel

5.7.8 Knoten 225

Über den gesamten Beobachtungszeitraum ist die Belegung der Rückstaudetektoren am Knoten 225 bei der SST gegenüber FESA geringfügig höher (1 – 2%-Punkte). Die Rückstaulängen in Fahrtrichtung von Hinwil nach Uster sind sehr ähnlich (Abb. 39).

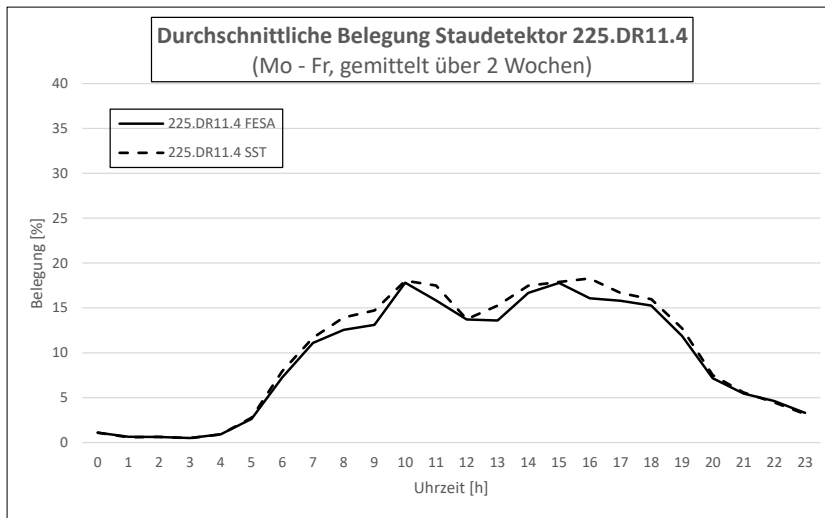


Abb. 39 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 225 von Uster nach Hinwil

In der Gegenrichtung sieht man jedoch, dass die Rückstaudetektoren bei SST in der ASP deutlich stärker belegt sind (+10%-Punkte). Ausserdem wird der Rückstau länger, da die Belegung beim weiter vom Knoten entfernten Rückstaudetektor DR 12.7 (Abb. 41) in der SST-Phase ebenfalls grösser ist als in der FESA-Phase (+20%-Punkte).

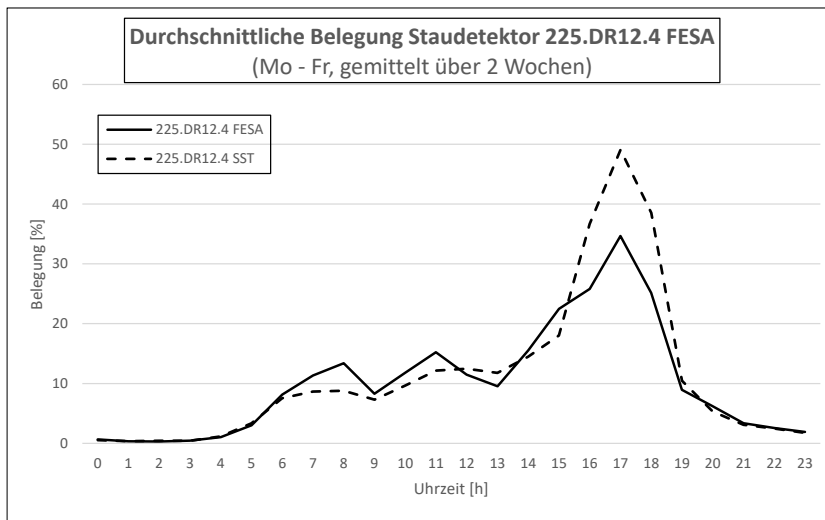


Abb. 40 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 225 von Hinwil nach Uster, 116 m vom Knoten entfernt

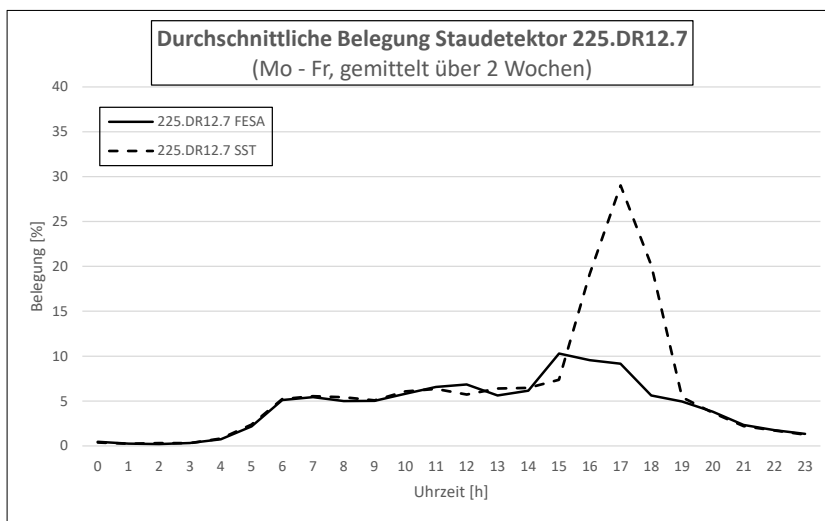


Abb. 41 Belegung Rückstaudetektoren am Knoten Nr. 225 von Hinwil nach Uster, 467 m vom Knoten entfernt

5.8 LI5 Wartezeit Fuss- und Veloverkehr

Die Wartezeiten für den Fuss- und Veloverkehr wurden anhand der Anmeldungen an den Tastern und LSA-Schleifen erfasst und ausgewertet. Dabei wurden die Knoten Nr. 270, 81, 128, 64, 159, 127 und 225 genauer untersucht, wobei der Veloverkehr nur an den Knoten Nr. 128 und 225 eigene Querungen hat. Die Veränderungen der Wartezeiten werden jeweils mit Grafiken der einzelnen Fussgängerstreifen resp. Veloquerungen veranschaulicht. Diese Grafiken, finden sich im Anhang.

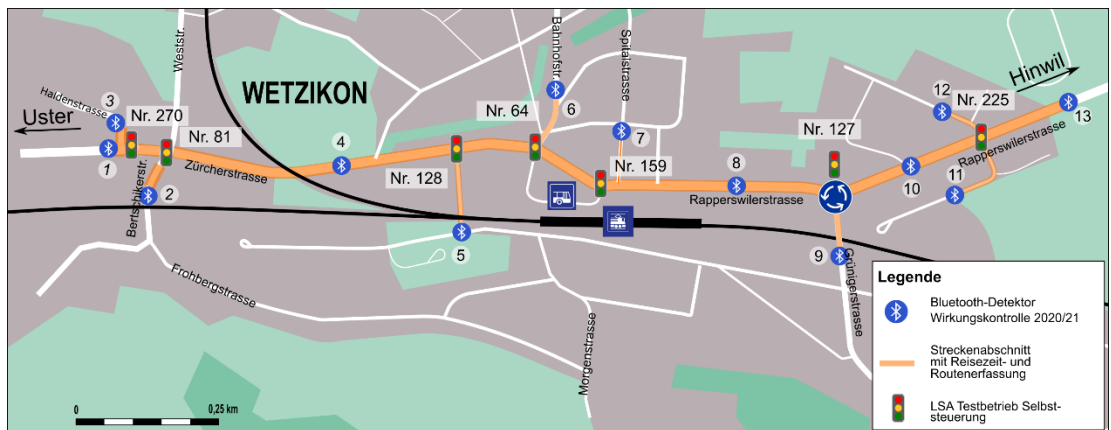


Abb. 42 Übersicht LSA-Knoten

In den Tabellen Tab. 18 – Tab. 29 ist für alle LSA-gesteuerten Fussgängerquerungen der Maximalwert der Wartezeit des Fussgängerverkehrs für die MSP und ASP in Sekunden aufgeführt. Des Weiteren wurde für die Fussgängerquerungen die Summe der Wartezeit unter der Kurve für die Wochentage sowie den Samstag und Sonntag ausgewertet und aufgeführt. Anhand dieser Tabellen können die Unterschiede der beiden verglichenen Steuerverfahren FESA und SST deutlicher dargestellt werden.

5.8.1 Knoten 270

Am Knoten 270 gibt es zwei Querungsstellen (Zürcher- und Haldenstrasse) mit insgesamt vier LSA-geregelten Fussgängerstreifen an zwei Querungsstellen. Die Querungsstellen sind mit einer Mittelinsel getrennt.

Die mittlere Wartezeit im SST-Betrieb ist bei FG 270.32 mit 14 s um 10 s niedriger als bei FESA (Abb. 41). Bei FG 270.34 (Anhang) beträgt die mittlere Wartezeit 13 s und ist somit 2 s niedriger. Bei FG 270.42 (Abb. 42) und FG 270.44 (Anhang) sind die mittleren Wartezeiten mit 26 s während der SST-Phase um 2 s höher als in der FESA-Phase

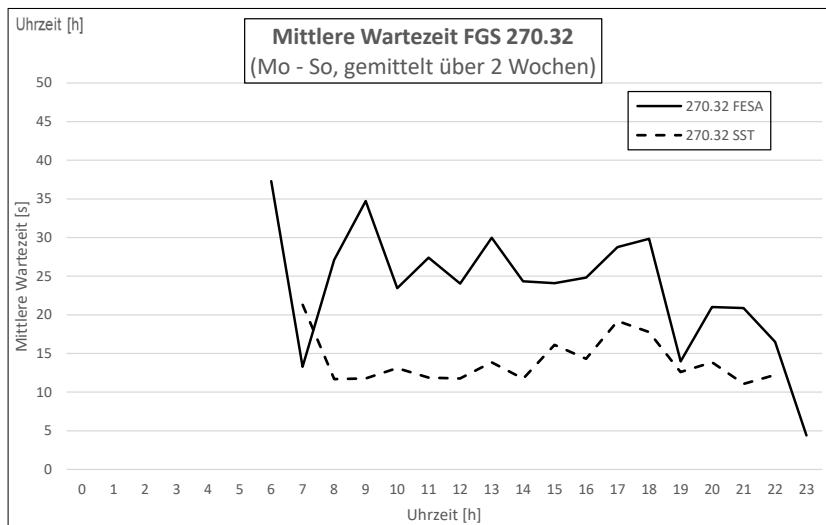


Abb. 43 Mittlere Wartezeit FGS 270.32 am Knoten Nr. 270

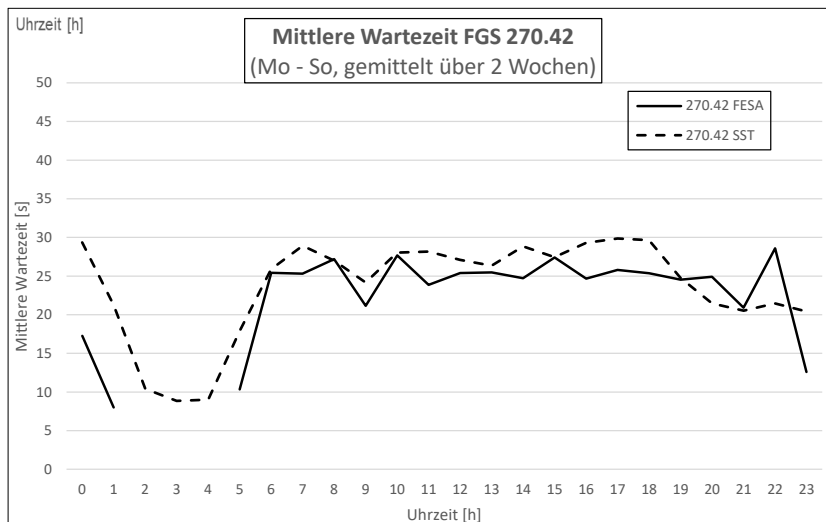


Abb. 44 Mittlere Wartezeit FGS 270.32 am Knoten Nr. 270

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
270.32	13	28	435	294	217
270.34	8	18	250	269	171
270.42	26	26	460	453	432
270.44	27	24	460	415	390

Tab. 18 Knoten 270: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der FESA-Phase

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
270.32	21	21	227	185	96
270.34	14	17	199	185	77
270.42	29	30	503	500	492
270.44	29	31	484	483	386

Tab. 19 Knoten 270: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der SST-Phase

5.8.2 Knoten 081

Am Knoten 081 gibt es fünf LSA-geregelte Fussgängerstreifen. Zwei führen über die Zürcherstrasse, die anderen drei über die Bertschikerstrasse. Alle Querungen sind mit einer Mittellinsel getrennt. Die mittlere Wartezeit bei SST-Betrieb ist bei FG 081.42 (Anhang) und FG 081.44 (Abb. 43) um 2 s niedriger als bei FESA. Die Wartezeit bei FG 081.31 und .33 ist identisch (beide Anhang). Bei FG 081.35 ist diese bei SST um 2 s höher als bei FESA (Abb. 44).

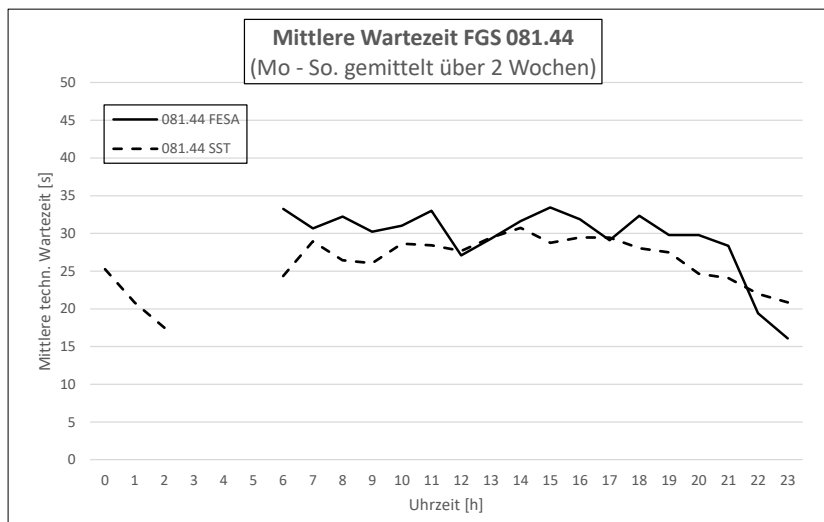


Abb. 45 Mittlere Wartezeit FGS 081.44 am Knoten Nr. 081

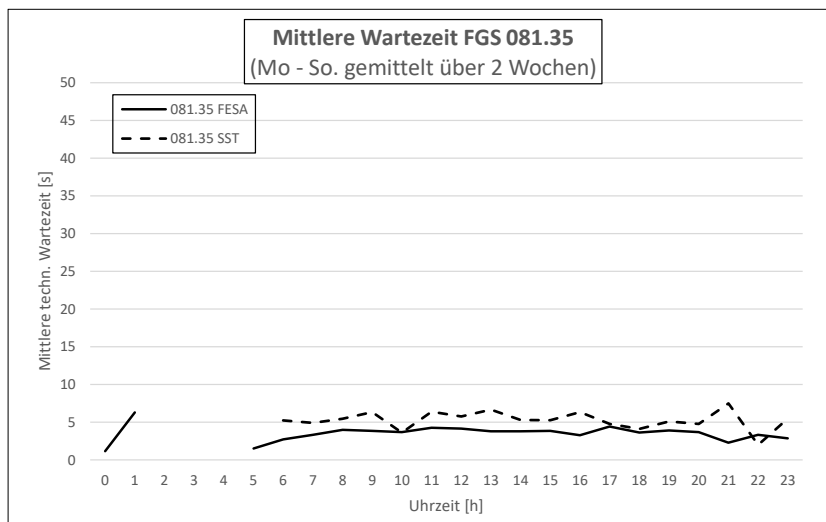


Abb. 46 Mittlere Wartezeit FGS 081.33 am Knoten Nr. 081

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
81.31	10	8	154	172	104
81.33	7	12	145	165	73
81.35	3	4	74	52	58
81.42	32	33	553	525	444
81.45	31	28	541	548	421

Tab. 20 Knoten 081: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der FESA-Phase

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
81.31	8	11	156	156	82
81.33	7	8	156	110	84
81.35	5	5	97	66	40
81.42	27	30	589	536	450
81.45	29	29	559	574	452

Tab. 21 Knoten 081: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der SST-Phase

5.8.3 Knoten 128

Am Knoten 128 gibt es einen Fussgängerstreifen und eine Veloquerung über die Schellerstrasse, welche mit einer Mittelinsel ausgestattet sind. Die Wartezeiten der Fussgänger sind in der SST-Phase (im Mittel 10 s) über den ganzen Tag deutlich tiefer als die der FESA-Phase (im Mittel 15 s). Die Wartezeiten der Velofahrenden sind in der SST-Phase (im Mittel 27 s) über den ganzen Tag gleich der FESA-Phase (im Mittel 27 s).

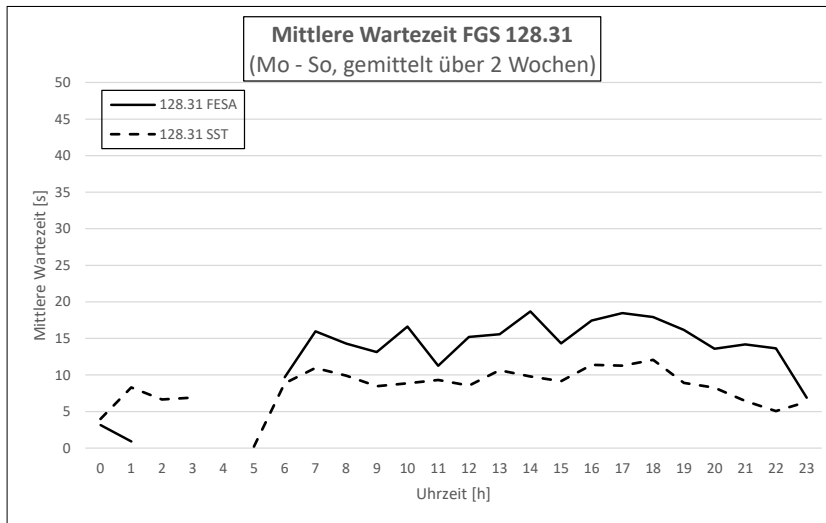


Abb. 47 Mittlere Wartezeit FGS 128.31 am Knoten Nr. 128

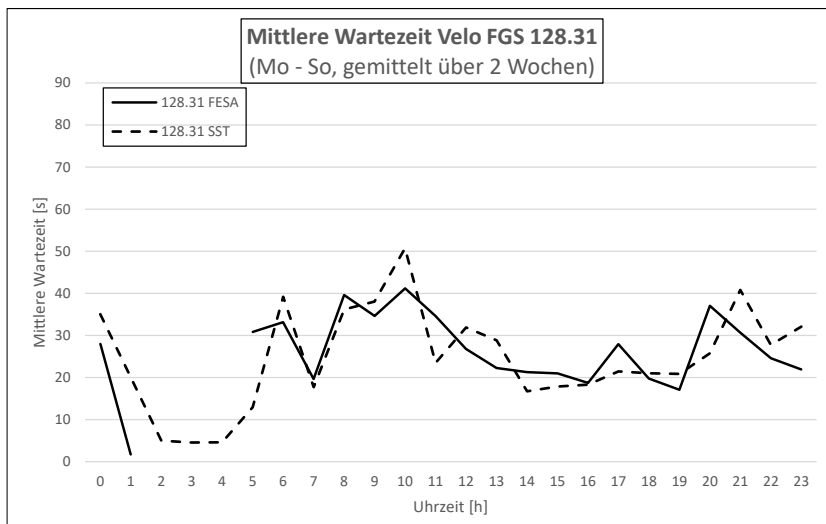


Abb. 48 Mittlere Wartezeit Veloquerung 128.33 am Knoten Nr. 128

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
128.31	20	22	552	424	690
128.33	17	14	231	182	123

Tab. 22 Knoten 128: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der SST-Phase

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
128.31	20	21	590	599	677
128.33	8	9	146	122	83

Tab. 23 Knoten 128: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der SST-Phase

5.8.4 Knoten 064

Am Knoten 064 gibt es vier LSA-geregelte Fussgängerstreifen. Einer führt über die Poststrasse, die anderen drei über die Bahnhofstrasse respektive Zürcherstrasse auf die Mittelinsel an der Bahnhofstrasse. Über alle Fussgängerstreifen am Knoten betrachtet ist die mittlere Wartezeit in der SST- und FESA-Phase mit 17.5 s in beiden Fällen identisch. Jedoch ist die mittlere Wartezeit in der ASP während der SST-Phase leicht (5 s) höher. Dies ist bei FG 64.34 (Abb. 49), FG 64.32 und FG 64.42 erkennbar. Beim Fussgängerstreifen über die Poststrasse (FG 64.33) sind die Wartezeiten für Fussgänger über den ganzen Verlauf mit 2 s leicht höher.

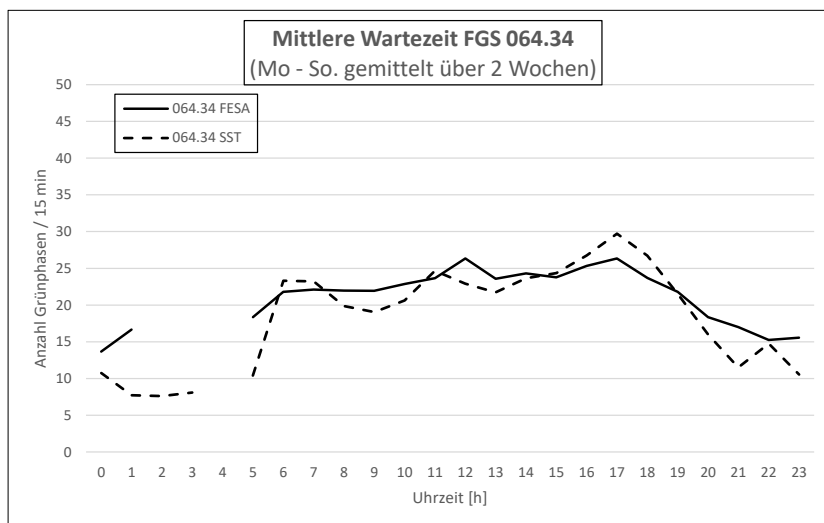


Abb. 49 Mittlere Wartezeit FGS 64.34 am Knoten Nr. 064

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
64.32	7	10	147	118	128
64.33	13	14	225	210	130
64.34	24	27	444	394	328
64.42	31	34	555	543	471

Tab. 24 Knoten 064: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der FESA-Phase

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
64.32	11	16	178	157	98
64.33	14	19	263	252	187
64.34	25	34	425	371	280
64.42	39	46	591	554	436

Tab. 25 Knoten 64: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der SST-Phase

5.8.5 Knoten 159

Am Knoten 159 gibt es einen Fussgängerstreifen über die Spitalstrasse. Die Wartezeiten sind bei SST mit 7 s über den ganzen Tag deutlich höher als mit 4 s bei FESA (Abb. 50). Die Wartezeiten befinden sich jedoch auf einem sehr tiefen Niveau.

Auffällig ist hingegen die Wartezeit mit 20 s um 5 Uhr morgens. Hierbei handelt es sich vermutlich um einen Messfehler. Da dies jedoch nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann, wird der Messwert in der nachfolgenden Darstellung beibehalten (rot eingekreist). Wird der Messpunkt weggelassen, zeigen beide Kurven einen ähnlichen Verlauf.

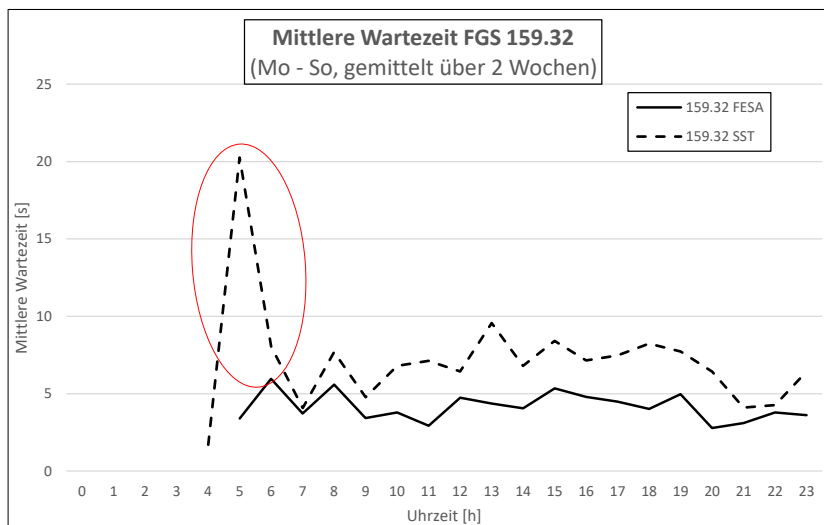


Abb. 50 Mittlere Wartezeit FGS 159.32 am Knoten Nr. 159

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
159.32	4	5	94	53	66

Tab. 26 Knoten 128: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der SST-Phase

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
159.32	4	9	148	103	105

Tab. 27 Knoten 128: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der SST-Phase

5.8.6 Knoten 127

Der Knoten 127 ist mit einem Kreisverkehr geregelt und die Lichtsignalanlagen dienen nur der Busbevorzugung, daher sind die Fussgängerstreifen nicht lichtsignal-geregelt. Aus diesem Grund gibt es für dieses Knoten keine auszuwertenden Wartezeiten.

5.8.7 Knoten 225

Am Knoten 225 gibt es zwei Fussgängerstreifen, einer über die Rapperswilerstrasse und einer über die Zufahrt der Kunsteisbahn, welcher zusätzlich auch eine Veloquerung hat. Beide sind mit einer Mittelinsel zwischen den verschiedenen Fahrrichtungen getrennt. Die Wartezeiten der Fussgänger sowie Velofahrenden sind bei SST (Fussgänger 10 s, Velos 5 s) über den ganzen Tag tiefer als bei FESA (Fussgänger 13 s, Velos 7 s). Werden die Fussgängerstreifen sowie die Veloquerung einzeln betrachtet erkennt man, dass die Wartezeiten bei SST über den ganzen Tag verteilt mehrheitlich tiefer sind als bei FESA (Abb. 51, Abb. 52, Abb. 53).

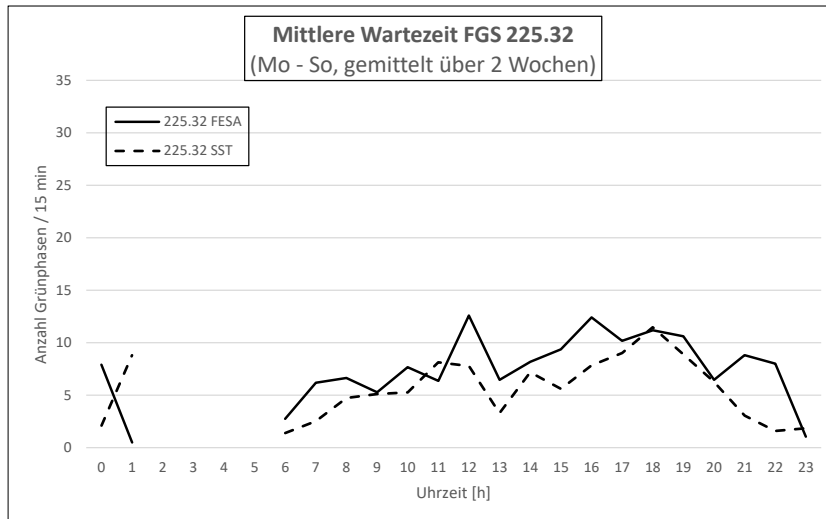


Abb. 51 Mittlere Wartezeit FGS 225.32 am Knoten Nr. 225

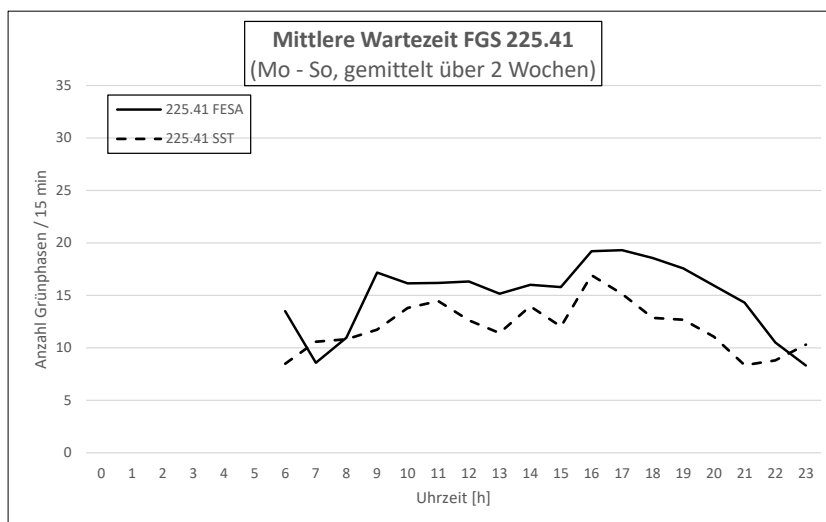


Abb. 52 Mittlere Wartezeit FGS 225.41 am Knoten Nr. 225

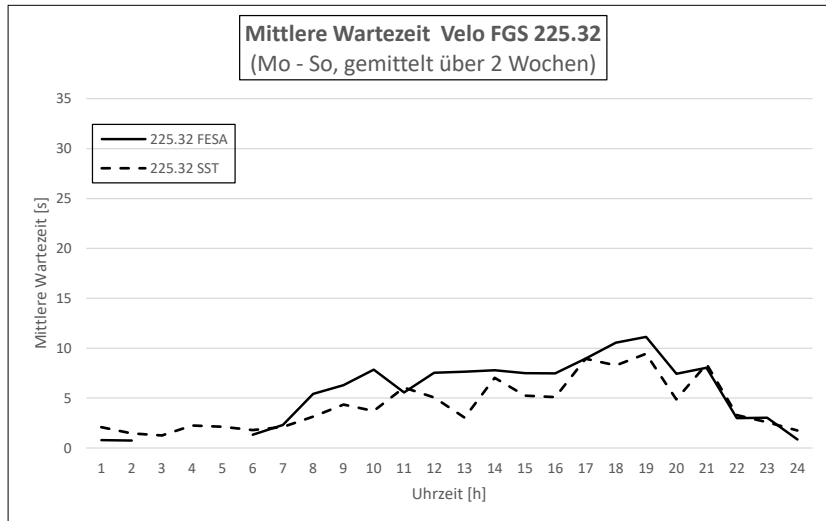


Abb. 53 Mittlere Wartezeit Veloquerung 225.32 am Knoten Nr. 225

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
225.32	6	11	149	134	113
225.34	2	16	159	183	78
225.41	9	18	270	245	198
225.43	16	16	273	224	186

Tab. 28 Knoten 225: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der FESA-Phase

Knoten	MSP (7-8)	ASP (17-18)	Wochentage	Samstag	Sonntag
225.32	3	8	114	104	99
225.34	7	13	135	99	46
225.41	11	14	225	233	143
225.43	10	15	237	270	149

Tab. 29 Knoten 225: Mittlere Wartezeit der Fussgänger in der SST-Phase

5.9 LI6 Allgemeiner Verkehrsablauf

5.9.1 Allgemein

In diesem Leistungsindikator werden die Beobachtungen aus den Begehungen und allfällige Rückmeldungen beispielsweise der Polizei oder aus der Bevölkerung festgehalten. Sie sind nicht quantifizierbar und rein subjektiv. Zusammengefasst hat sich daraus ergeben, dass zwischen dem SST-Betrieb und dem FESA-Betrieb keine nennenswerten oder auffälligen Unterschiede in Bezug auf den Verkehrsablauf erkennbar waren.

5.9.2 SST-Betrieb

Während des SST-Betriebs (20.09. – 03.10.2021) war der Verkehrsablauf gerade im Bereich der LSA 128, 064 und 159 sehr flüssig. An der LSA 225 gab es im Beobachtungszeitraum in Richtung Uster zur MSP einen langen Rückstau bei kurzen Grünphasen. Dieser hat sich bis zum Kreisel weiter fortgepflanzt und es hat einige Zeit gedauert, bis er sich abbauen konnte.

Insgesamt schienen die Grünphasen der LSA gut auf den Verkehr abgestimmt zu sein und waren sehr dynamisch. So entstanden praktisch keine ungenutzten Grünzeiten. Zudem viel auf, dass die Wartezeiten für die Fussgänger sehr kurz gewesen sind, da die SST-Steuerung schnell auf die entsprechenden Anmeldungen reagieren konnte. Ebenfalls ist aufgefallen, dass die Busse an den LSA sehr gut erkannt und klar bevorzugt wurden.

5.9.3 FESA-Betrieb

Während des FESA-Betriebs (30.08. – 12.09.2021) war der Verkehrsablauf im Grossen und Ganzen flüssig. In den Spitzenstunden ist der Verkehrsfluss jedoch hin und wieder etwas ins Stocken geraten. Die entstandenen Rückstaus konnten jedoch innert kurzer Zeit wieder abgebaut werden. Ausserdem wurden vereinzelt ungenutzte Grünzeiten festgestellt, vor allem am Rechtsabbieger der LSA 064 in Richtung Bauma.

Die Wartezeiten der Fussgänger waren länger als im SST-Betrieb, da die Grünzeiten für die Fussgänger fixen Ampelphasen zugeordnet sind. Die Busse werden, wie auch bei SST, klar erkannt und den restlichen Verkehrsteilnehmenden gegenüber meist merklich bevorzugt.

Seitens VZO gab es die Rückmeldung, dass die Linien 867, 869, 862 am 30.08., 31.08. und 01.09.2021 um 07.50 Uhr an der Bushof-LSA 159 ca. 45 s vor dem Rotlicht gestanden haben. Danach gab es keine weiteren Meldungen dieser Art. In den Daten konnte hierzu nichts Auffälliges gefunden werden.

5.10 Untersuchung Koordinationsbrüche

5.10.1 Aufgabenstellung

Ausgangslage aus dem Protokoll vom 22.06.2021: „Anlässlich der ersten Tests mit der SST wurde allseits festgestellt, dass die Flexibilität der SST zuweilen zu tendenziell suboptimalen Stopps entlang der Hauptachse führt. Thomas Riedel von der Adaptive Traffic Control AG hat anlässlich des ersten Monitorings auf Basis der Detektorimpulse und Grünzeiten exemplarisch Koordinationsbrüche zwischen den LSA Nr. 159 und 64 ausgewertet. Die Auswertungen stützen die vor Ort gemachten Beobachtungen.“

Die AKP Verkehringenieur AG soll daher zwischen den LSA 064 und 159 in Richtung Uster Videoaufnahmen erstellen und auswerten, um diesen Feststellungen nachzugehen. Es wurden drei Kameras zwischen den LSA 159 und 064 installiert und jeweils die MSP und ASP für die FESA und SST-Phase aufgenommen.

- Beobachtungen FESA: ASP Di 07.09.2021 / MSP Do 09.09.2021
- Beobachtungen SST: ASP Di 21.09.2021 / MSP Do 23.09.2021

Nachfolgend sind die Beobachtungen der Aufnahmen zusammengefasst.

5.10.2 FESA-Betrieb

Allgemein wurde über den Beobachtungszeitraum ein sehr gleich- und regelmässiger Phasenablauf während der MSP und ASP beobachtet. Die ÖV-Bevorzugung war in diesem Zeitraum gut erkennbar. Auf den Video- und Drohnenaufnahmen konnten im FESA-Betrieb keine Koordinationsbrüche festgestellt werden.

5.10.3 SST-Betrieb

Allgemein wurde ein sehr dynamisch auf den Verkehr reagierender Betrieb in der MSP und ASP beobachtet. Es wurden zudem Phasen mit wenig Verkehr in der ASP beobachtet, in welcher die LSA 159 auf Grün geschaltet war, obwohl die LSA 064 Rot signalisierte. In der anschliessenden Grünphase von der LSA 064 blieb LSA 159 weiterhin auf Grün. Die LSA 159 hat in solchen Phasen quasi gar nicht geschaltet.

Auf den Video- und Drohnenaufnahmen wurden vereinzelt Koordinationsbrüche beobachtet, jedoch nicht systematisch oder regelmässig. Als Auslöser werden Anmeldungen von Fussgängern an der LSA 064 vermutet. Diese konnten in den Videoaufnahmen, welche an den LSA 064 und 159 gemacht wurden, nicht nachvollzogen werden. Es gibt jedoch Drohnenaufnahmen, welche die Vermutung nahelegen.

5.10.4 Fazit

Bei beiden Steuerverfahren wurden die Grünphasen von LSA 159 in Richtung LSA 064 entweder durch Fussgänger oder durch Verkehr aus Bauma in Richtung Hinwil/Bahnhof unterbrochen. Im FESA-Betrieb geschah dies sehr regelmässig, was zu gleichmässigen Grünphasen in Richtung Uster führte. Im SST-Betrieb war die Länge der Grünphasen sehr dynamisch und auf den momentanen Verkehr abgestimmt. Dies führte unter anderem zu kurzen Grünphasen in Richtung Uster. Koordinationsbrüche wurden im SST-Betrieb nur vereinzelt beobachtet.

6 Wichtige Ergebnisse des Berichtes der Adaptive Traffic Control AG

Die ATC AG wurde durch das Amt für Mobilität des Kantons Zürich beauftragt, ihrerseits im Untersuchungsperimeter und -zeitpunkt Analysen an den LSA 270, 081, 128, 064, 159, 127 und 225 durchzuführen. Als Auswerteprogramm wurde pCoq verwendet. Mit diesem Programm können einzelne Fahrzeuge zwischen den Detektoren zweier LSA verfolgt werden. Eine LSA stellt dabei den Startdetektor, die andere LSA den Enddetektor. Details zu Messmethode und Analyseverfahren finden sich im Anhang (Bericht ATC AG). An dieser Stelle erfolgt lediglich eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

Von der ATC AG wurden folgenden Kenngrössen untersucht:

- Summe mittlere Verlustzeit pro Segment
- Summe mittlere Anzahl Halte pro Segment
- Verlustzeitenindex

Die Untersuchung fand auf den Achsen West → Ost (LSA 270 bis 225) und Ost → West (LSA 225 bis 270) statt. Die Fahrzeuge wurden hier vom ersten Staudetektor bis nach der Haltelinie zwischen jeweils zwei LSA verfolgt. Da ausserhalb der Abschnitte so gut wie keine Staus auftraten, wurden die Messungen von Verlustzeit und Anzahl Halten als repräsentativ betrachtet.

Es ergibt sich die folgende Abfolge von LSA für die Verfolgung der Fahrzeuge:

- Ost → West: LSA 225 – 127 – 159 – 064 – 128 – 081 – 270
- West → Ost: LSA 270 – 081 – 128 – 064 – 159 – [127] – 225

Der Vergleich der mittleren Verlustzeiten beider Steuerverfahren in Richtung West → Ost (Pendlerichtung am Abend) an den einzelnen Wochentagen im Untersuchungszeitraum ergab, dass tendenziell SST in der Morgenspitze niedrigere Verlustzeiten erreicht, FESA in der Abendspitze. Die Anzahl Halte war in beiden Verfahren ähnlich.

Die Analyse der mittleren Verlustzeiten pro Wochentag von Ost → West (Pendlerichtung am Morgen) zeigte, dass auch hier keine eindeutige Tendenz für das jeweilige Steuerverfahren heraussticht. Für SST ergaben sich im Untersuchungszeitraum am Montag und FESA am Sonntag hohe mittlere Verlustzeiten. Die Anzahl Halte für beide Steuerverfahren war in beiden Fällen über den Untersuchungszeitraum so gut wie äquivalent.

Der analysierte Verlustzeitenindex, welcher Verlustzeit und Anzahl Fahrzeuge miteinander in ein Verhältnis stellt, zeigt an, wie gut die zwei miteinander verglichenen Steuerverfahren FESA und SST grosse Verkehrsmengen bewältigen können. Der Verlustzeitenindex wurde jeweils aus der mittleren und der maximalen Verlustzeit gebildet.

Die Analyse in Richtung West → Ost zeigte bei den Mittelwerten auch hier keine eindeutige Tendenz bei den Steuerverfahren. FESA schnitt in der ersten Wochenhälfte des Untersuchungszeitraums und am Sonntag im Vergleich zu SST besser ab, SST am Freitag und am Samstag. Bei der Analyse der Maxima wurden für SST im Untersuchungszeitraum, verglichen mit FESA, am Montag, Freitag und Samstag niedrigere Werte registriert, für FESA am Dienstag, Mittwoch und Sonntag.

In Richtung Ost → West zeigte die Analyse des Verlustzeitenindex, dass SST im Untersuchungszeitraum über alle Wochentage niedrigere Werte aufwies als FESA. Die Untersuchung mit der maximalen Verlustzeit bestätigt dieses Ergebnis. Einzig am Sonntag war der Verlustzeitenindex mit FESA niedriger als mit SST.

7 Fazit

Basierend auf den Erkenntnissen aus der ersten Wirkungskontrolle vom Sommer 2020 wurden sowohl die Selbst-Steuerung als auch die FESA-Steuerung für den zweiten Testbetrieb im Spätsommer 2021 optimiert resp. angepasst. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden in der zweiten Wirkungskontrolle die gleichen Leistungsindikatoren ausgewertet wie 2020. Zusätzlich wurden bei der zweiten Wirkungskontrolle die "unnötigen Stopps" (Koordinationsbrüche) zwischen den LSA 064 und LSA 159 mittels Videoaufnahmen in der MSP und ASP untersucht.

Die Reisezeiten des MIV (LI 1A) wurden auf verschiedenen Verkehrsbeziehungen im Untersuchungsperimeter mittels Bluetooth-Detektoren kontinuierlich erhoben. Bezogen auf das gewichtete Mittel zeigt sich, dass im SST-Betrieb in der Morgenspitzenstunde und im DWV über alle Routen gesehen ähnliche bzw. leicht bessere Reisezeiten beobachtet wurden als im FESA-Betrieb. Des Weiteren wurde festgestellt, dass die Reisezeiten mit der Selbst-Steuerung in der Abendspitzenstunde und an den Samstagen und somit bei höherer Verkehrsbelastung höher ausgefallen sind als mit der FESA-Steuerung.

Die Gesamtverlustzeit des MIV (LI 1B) wurde auf weniger Verkehrsbeziehungen analysiert, da jeweils nur benachbarte Beziehungen ausgewertet wurden. Bezogen auf die Startpunkte konnte festgestellt werden, dass mit SST auf der ersten Hälfte des Untersuchungsperimeters (LSA 270 bis LSA 064) niedrigere Gesamtverlustzeiten verzeichnet wurden als mit FESA. Auf der zweiten Hälfte (LSA 064 bis LSA 225) war das Verhalten genau umgekehrt. Hier waren die Gesamtverlustzeiten mit FESA niedriger als mit SST. Auffällig war, dass bei der Bahnhofstrasse (Startpunkt 6) die Gesamtverlustzeiten mit SST konstant über alle Kennwerte deutlich höher sind als mit FESA.

Die Reisezeiten des ÖV (LI 2) wurden gemeinsam mit der VZO auf sechs Fahrbeziehungen ausgewertet. Im SST-Betrieb konnten die Reisezeiten zum grossen Teil der Fahrbeziehungen gegenüber FESA reduziert werden. In der Morgenspitze an allen Wochentagen waren die Unterschiede zwischen SST- und FESA-Betrieb zu Gunsten von SST deutlicher als zur Abendspitze, wo der Unterschied nur sehr gering ausgefallen ist. Lediglich die Linie 869 Wetzikon, Bahnhof Süd – Wetzikon, Bahnhof schneidet im gesamten Beobachtungszeitraum im SST-Betrieb gegenüber FESA deutlich besser ab. Bei der Linie 857 Wildbach – Bahnhof fällt das Verhalten genau andersrum aus. Hier sind die Reisezeiten im FESA-Betrieb deutlich besser als bei SST. Der Reisezeitverlust liegt hier bei der Querung der Zürcherstrasse in Richtung Bahnhof Wetzikon. Insgesamt schneidet die SST dennoch zu allen Tageszeiten gut ab.

Die verarbeiteten Verkehrsmengen (LI 3) wurden innerhalb des Perimeters während des Erhebungszeitraums an allen sieben LSA-Knoten erfasst. Dabei gab es zwischen SST- und FESA-Betrieb keine signifikanten Abweichungen der Verkehrsmengen. Die verarbeiteten Verkehrsmengen waren ähnlich und es gab kaum Veränderung in der Kapazität der Anlagen.

Die Belegung der Rückstaudetektoren (LI 4) wurde an allen Zufahrten der sieben LSA-Knoten erfasst und ausgewertet. Diese hat sich über den ganzen Erhebungszeitraum sehr unterschiedlich entwickelt, je nach Fahrtrichtung hat der Rückstau mit der SST-Steuerung ab- oder zugenommen. Über den ganzen Perimeter hat der Rückstau im SST-Betrieb während der ASP leicht zugenommen, was sich mit den Erkenntnissen der Reisezeitauswertung für den MIV deckt. Eine Ausnahme von dieser Beobachtung bildet der gemessene Rückstau an den LSA 081 und LSA 128, wo sich der Rückstau im SST-Betrieb nahezu halbiert hat.

Die Wartezeiten für den Fuss- und Veloverkehr (LI 5) an den LSA geregelten Übergängen sind im SST-Betrieb sehr unterschiedlich ausgefallen. Teilweise wurde die Wartezeit deutlich reduziert, lag aber auch einmal deutlich über den Wartezeiten des FESA-Betriebs. An einigen Übergängen war kein Unterschied auszumachen.

Bei der Beurteilung des allgemeinen Verkehrsablaufs (LI 6) vor Ort konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen SST- und FESA-Betrieb festgestellt werden. Koordinationsbrüche wurden nur vereinzelt im SST-Betrieb beobachtet. Im FESA-Betrieb konnten keine Koordinationsbrüche beobachtet werden.

Die durch die ATC AG analysierten mittleren Verlustzeiten, mittleren Anzahl Halte und Verlustzeitindizes des MIV in Richtung West und Ost bestätigen im Grossen und Ganzen die Ergebnisse der Reise- und Verlustzeiten auf Grundlage der Bluetooth-Erhebung. Durch die Analyse der einzelnen Wochentage lässt sich jedoch die Auswertung der Reisezeiten / Gesamtverlustzeiten im DWV und am Samstag sowie Sonntag besser nachvollziehen. Diese Auswertung ist eine gute Ergänzung zu der ursprünglichen Analyse, ändert aber an deren Grundaussage nichts.

Gesamthaft betrachtet konnten mit der Selbst-Steuerung in Wetzikon die Reisezeiten des öffentlichen Verkehrs und die Wartezeiten für den Fuss- und Veloverkehr geringfügig reduziert werden. Für den MIV waren die Unterschiede zwischen den beiden Steuerverfahren nicht klar herauszulesen. In der MSP schnitt das SST-Verfahren besser ab, in der ASP und am Wochenende das FESA-Verfahren. Zudem ist die Reisezeit stark von der Richtung geprägt: In Richtung Uster → Hinwil schnitt der SST-Betrieb gesamthaft besser ab als in die Gegenrichtung.

- ! **Die Selbst-Steuerung verbessert die Situation für den öffentlichen Verkehr sowie den Fuss- und Veloverkehr teilweise. Bei hohen Verkehrsbelastungen erfährt der MIV bei der SST gegenüber FESA höhere Reisezeiten / Gesamtverlustzeiten und etwas längere Rückstaus, während er bei geringerem Verkehrsaufkommen ebenfalls von Verbesserungen profitiert. Der allgemeine Verkehrsablauf ist mit beiden LSA-Steuerungen jedoch sehr ähnlich.**

ANHANG

Auswertungen Bluetooth / Reisezeiten

- BT.01 Ausgewertete Routen
- BT.02 Reisezeiten
- BT.03 Erfassungsquoten Bluetooth-Detektoren für Berechnung Gesamtverlustzeit

Auswertungen Zählstellen

- ZS.01 Verkehrsaufkommen LSA-Knoten

Auswertungen LSA-Daten

- LSA.01 Rückstau
- LSA.02 Wartezeiten Fuss- und Veloverkehr
- LSA.03 Angebotene Grünzeit
- LSA.04 Anzahl Grünphasen
- LSA.05 Technische Wartezeit
- LSA.06 Anzahl Grünphasen Fuss- und Veloverkehr

Koordination mit FESA und SST (Bericht ATC AG)

Untersuchungen zur Koordination in Wetzikon mit FESA und SST, 2021

Auswertungen Bluetooth / Reisezeiten

BT.01 Ausgewertete Routen

Route	Bluetooth-Sensor		Strasse	
	Start	Ziel	Von	Nach
1	4	5	Zürcherstrasse (4)	Bertschikerstrasse
2	4	6	Zürcherstrasse (4)	Bahnhofstrasse
3	4	8	Zürcherstrasse (4)	Rapperswilerstrasse (8)
4	4	9	Zürcherstrasse (4)	Grünigerstrasse
5	4	10	Zürcherstrasse (4)	Rapperswilerstrasse (10)
6	4	13	Zürcherstrasse (4)	Rapperswilerstrasse (13)
7	5	4	Schellerstrasse	Zürcherstrasse (4)
8	5	6	Schellerstrasse	Bahnhofstrasse
9	5	8	Schellerstrasse	Rapperswilerstrasse (8)
10	5	9	Schellerstrasse	Grünigerstrasse
11	5	13	Schellerstrasse	Rapperswilerstrasse (13)
12	6	4	Bahnhofstrasse	Zürcherstrasse (4)
13	6	5	Bahnhofstrasse	Bertschikerstrasse
14	6	8	Bahnhofstrasse	Rapperswilerstrasse (8)
15	6	9	Bahnhofstrasse	Grünigerstrasse
16	6	13	Bahnhofstrasse	Rapperswilerstrasse (13)
17	7	4	Spitalstrasse	Zürcherstrasse (4)
18	7	5	Spitalstrasse	Bertschikerstrasse
19	7	6	Spitalstrasse	Bahnhofstrasse
20	7	8	Spitalstrasse	Rapperswilerstrasse (8)
21	8	4	Rapperswilerstrasse (8)	Zürcherstrasse (4)
22	8	5	Rapperswilerstrasse (8)	Bertschikerstrasse
23	8	6	Rapperswilerstrasse (8)	Bahnhofstrasse
24	8	9	Rapperswilerstrasse (8)	Grünigerstrasse
25	8	10	Rapperswilerstrasse (8)	Rapperswilerstrasse (10)
26	8	13	Rapperswilerstrasse (8)	Rapperswilerstrasse (13)
27	9	4	Grünigerstrasse	Zürcherstrasse (4)
28	9	5	Grünigerstrasse	Bertschikerstrasse
29	9	6	Grünigerstrasse	Bahnhofstrasse
30	9	8	Grünigerstrasse	Rapperswilerstrasse
31	9	10	Grünigerstrasse	Rapperswilerstrasse (10)
32	9	13	Grünigerstrasse	Rapperswilerstrasse (13)
33	10	8	Rapperswilerstrasse (10)	Rapperswilerstrasse (8)
34	10	9	Rapperswilerstrasse (10)	Grünigerstrasse
35	10	11	Rapperswilerstrasse (10)	Grubenstrasse
36	10	12	Rapperswilerstrasse (10)	Rapperswilerstrasse (12)
37	10	13	Rapperswilerstrasse (10)	Rapperswilerstrasse (13)
38	11	10	Grubenstrasse	Rapperswilerstrasse (8)
39	11	12	Grubenstrasse	Rapperswilerstrasse (12)
40	11	13	Grubenstrasse	Rapperswilerstrasse (13)
41	12	10	Rapperswilerstrasse (12)	Rapperswilerstrasse (10)
42	12	11	Rapperswilerstrasse (12)	Grubenstrasse
43	12	13	Rapperswilerstrasse (12)	Rapperswilerstrasse (13)
44	13	4	Rapperswilerstrasse (13)	Zürcherstrasse
45	13	5	Rapperswilerstrasse (13)	Bertschikerstrasse
46	13	6	Rapperswilerstrasse (13)	Bahnhofstrasse
47	13	8	Rapperswilerstrasse (13)	Rapperswilerstrasse (8)
48	13	9	Rapperswilerstrasse (13)	Grünigerstrasse
49	13	10	Rapperswilerstrasse (13)	Rapperswilerstrasse (10)
50	13	11	Rapperswilerstrasse (13)	Grubenstrasse
51	13	12	Rapperswilerstrasse (13)	Rapperswilerstrasse (13)
52	1	2	Zürcherstrasse (1)	Bertschikerstrasse
53	1	3	Zürcherstrasse (1)	Haldenstrasse
54	1	4	Zürcherstrasse (1)	Zürcherstrasse (4)
55	1	5	Zürcherstrasse (1)	Schellerstrasse
56	1	6	Zürcherstrasse (1)	Bahnhofstrasse
57	1	8	Zürcherstrasse (1)	Rapperswilerstrasse (8)
58	1	9	Zürcherstrasse (1)	Grünigerstrasse
59	1	10	Zürcherstrasse (1)	Rapperswilerstrasse (10)
60	1	13	Zürcherstrasse (1)	Rapperswilerstrasse (13)
61	2	1	Bertschikerstrasse	Zürcherstrasse (1)
62	2	3	Bertschikerstrasse	Haldenstrasse
63	2	4	Bertschikerstrasse	Zürcherstrasse (4)
64	2	13	Bertschikerstrasse	Rapperswilerstrasse (13)
65	3	1	Haldenstrasse	Zürcherstrasse (1)
66	3	2	Haldenstrasse	Bertschikerstrasse
67	3	4	Haldenstrasse	Zürcherstrasse (4)
68	3	13	Haldenstrasse	Rapperswilerstrasse (13)
69	4	1	Zürcherstrasse (4)	Zürcherstrasse (1)
70	4	2	Zürcherstrasse (4)	Bertschikerstrasse
71	4	3	Zürcherstrasse (4)	Haldenstrasse
72	5	1	Schellerstrasse	Zürcherstrasse (1)
73	6	1	Bahnhofstrasse	Zürcherstrasse (1)
74	8	1	Rapperswilerstrasse (8)	Zürcherstrasse (1)
75	9	1	Grünigerstrasse	Zürcherstrasse (1)
76	10	1	Rapperswilerstrasse (10)	Zürcherstrasse (1)
77	13	1	Rapperswilerstrasse (13)	Zürcherstrasse (1)
78	13	2	Rapperswilerstrasse (13)	Bertschikerstrasse
79	13	3	Rapperswilerstrasse (13)	Haldenstrasse

Routen 1 - 51 analog zu Monitoring 1

Routen 52 - 79 ergänzend im Monitoring 2 (auf Grund zusätzlichen Bluetooth-Standorten 1 - 3)

BT.02 Reisezeiten

Route Start Ende			Vergleich Reisezeiten SST vs FESA														
			Ø: mittlere Reisezeit, Δ: negativer Wert = Abnahme in SST gegenüber FESA														
			MSP			ASP			DWV			Sa			So		
FESA	SST	Δ	FESA	SST	Δ	FESA	SST	Δ	FESA	SST	Δ	FESA	SST	Δ			
[s]	[s]	[%]	[s]	[s]	[%]	[s]	[s]	[%]	[s]	[s]	[%]	[s]	[s]	[%]			
52	1	2	198	56	-72%	137	136	-1%	134	145	8%	129	130	1%	85	114	35%
53	1	3	46	49	6%	69	48	-30%	53	45	-14%	54	49	-9%	44	33	-26%
54	1	4	80	63	-21%	88	73	-17%	80	61	-24%	80	63	-21%	55	49	-11%
55	1	5	134	99	-26%	145	118	-19%	132	101	-24%	119	93	-22%	91	75	-18%
56	1	6	217	195	-10%	253	254	0%	220	192	-13%	227	168	-26%	173	150	-13%
57	1	8	201	177	-12%	230	208	-9%	194	168	-13%	177	150	-15%	135	123	-9%
58	1	9	233	215	-7%	267	253	-5%	224	201	-11%	209	184	-12%	166	154	-7%
59	1	10	251	231	-8%	280	254	-9%	240	215	-10%	226	200	-12%	176	164	-7%
60	1	13	272	252	-8%	310	291	-6%	263	240	-9%	248	223	-10%	195	185	-6%
61	2	1	183	207	13%	142	120	-15%	131	145	11%	116	165	42%	112	125	11%
62	2	3	122	151	24%	171	143	-16%	138	150	9%	113	130	15%	126	119	-5%
63	2	4	136	130	-4%	164	148	-10%	130	135	4%	122	117	-5%	141	117	-17%
64	2	13	593	318	-46%	395	316	-20%	343	334	-3%	303	304	0%	242	233	-4%
65	3	1	45	48	7%	47	48	2%	43	40	-6%	52	34	-33%	38	34	-10%
66	3	2	144	118	-18%	139	189	36%	133	144	8%	122	143	17%	121	144	19%
67	3	4	72	75	5%	76	76	0%	71	69	-2%	73	71	-2%	64	68	7%
68	3	13	244	252	3%	293	288	-2%	249	241	-3%	232	221	-5%	203	189	-7%
69	4	1	60	73	21%	56	58	5%	53	53	0%	51	51	0%	49	49	0%
70	4	2	111	100	-10%	178	117	-34%	137	127	-8%	116	164	42%	125	115	-8%
71	4	3	62	69	11%	58	58	0%	56	55	-3%	56	52	-8%	57	48	-17%
1	4	5	44	41	-7%	44	50	12%	45	41	-7%	45	40	-12%	42	31	-27%
2	4	6	139	161	15%	147	135	-8%	134	132	-2%	119	119	0%	120	102	-15%
3	4	8	104	105	1%	99	124	25%	91	101	11%	87	85	-3%	73	71	-2%
4	4	9	142	162	14%	143	145	2%	132	148	12%	144	127	-11%	115	113	-1%
5	4	10	149	151	2%	152	174	15%	138	149	8%	139	131	-6%	116	111	-4%
6	4	13	170	173	2%	182	202	11%	163	172	6%	168	154	-8%	136	129	-5%
7	5	1	127	0	-100%	123	0	-100%	111	0	-100%	106	0	-100%	104	0	-100%
7	5	4	70	72	3%	66	68	3%	62	67	8%	59	64	8%	59	63	7%
8	5	6	97	117	20%	121	120	-1%	106	118	11%	99	111	12%	96	88	-8%
9	5	8	104	98	-5%	108	130	21%	96	101	5%	92	117	27%	110	106	-4%
10	5	9	203	271	33%	289	276	-5%	261	265	1%	287	301	5%	197	339	72%
11	5	13	151	150	0%	189	212	12%	154	166	7%	167	176	5%	147	149	1%
73	6	1	189	0	-100%	204	0	-100%	160	0	-100%	159	0	-100%	149	0	-100%
12	6	4	127	124	-2%	123	183	48%	116	128	10%	115	98	-15%	115	108	-6%
13	6	5	112	106	-5%	134	114	-15%	113	103	-9%	109	99	-9%	94	84	-10%
14	6	8	95	118	25%	117	126	7%	95	104	10%	93	96	3%	84	73	-13%
15	6	9	118	152	29%	148	158	7%	123	133	9%	128	119	-8%	108	93	-14%
16	6	13	159	166	4%	184	216	17%	164	177	8%	180	175	-2%	152	136	-11%
17	7	4	184	189	3%	190	197	4%	147	158	7%	193	135	-30%	140	139	-1%
18	7	5	182	177	-3%	213	206	-3%	178	180	1%	108	150	39%	171	129	-24%
19	7	6	200	188	-6%	218	234	8%	229	197	-14%	221	206	-7%	192	166	-13%
20	7	8	91	83	-9%	107	119	11%	79	84	6%	73	77	6%	68	60	-11%
74	8	1	177	0	-100%	179	0	-100%	159	0	-100%	142	0	-100%	135	0	-100%
21	8	4	118	113	-5%	116	116	0%	102	101	-1%	89	89	0%	85	76	-10%
22	8	5	135	139	3%	126	155	23%	117	128	10%	107	112	4%	104	88	-15%
23	8	6	80	80	0%	78	81	4%	73	73	0%	65	60	-7%	63	52	-17%
24	8	9	35	35	1%	39	40	5%	35	36	4%	39	33	-13%	34	31	-10%
25	8	10	48	51	5%	52	55	5%	49	50	2%	56	48	-14%	46	44	-6%
26	8	13	72	72	0%	83	85	3%	75	75	-1%	83	74	-11%	68	63	-7%
75	9	1	240	0	-100%	241	0	-100%	210	0	-100%	187	0	-100%	177	0	-100%
27	9	4	171	173	1%	179	207	16%	151	159	5%	145	137	-6%	132	115	-13%
28	9	5	157	175	12%	147	152	3%	158	176	11%	148	153	3%	143	214	50%
29	9	6	141	137	-3%	138	156	14%	122	127	4%	113	104	-9%	102	90	-12%
30	9	8	59	61	3%	63	81	29%	52	58	12%	52	47	-9%	45	41	-9%
31	9	10	33	32	-3%	37	40	9%	32	33	2%	39	31	-21%	31	36	17%
32	9	13	53	54	1%	79	70	-12%	60	60	0%	73	63	-14%	55	58	5%
76	10	1	267	0	-100%	281	0	-100%	226	0	-100%	191	0	-100%	178	0	-100%
33	10	8	74	69	-7%	84	112	32%	61	65	8%	55	52	-5%	52	42	-18%
34	10	9	62	44	-29%	70	92	31%	51	56	9%	50	45	-11%	54	37	-31%
35	10	11	29	37	28%	36	36	1%	31	34	7%	38	36	-4%	54	46	-14%
36	10	12	26	36	38%	44	48	10%	37	42	16%	53	45	-15%	56	52	-8%
37	10	13	25	24	-4%	32	32	0%	28	27	-6%	33	29	-14%	24	22	-12%
38	11	10	37	35	-5%	58	73	26%	47	53	11%	56	53	-5%	45	51	14%
39	11	12	32	38	18%	37	66	78%	40	44	11%	41	44	7%	60	89	47%
40	11	13	32	60	87%	44	44	0%	39	42	7%	43	45	3%	35	43	23%
41	12	10	31	24	-21%	35	44	27%	34	31	-9%	54	44	-19%	54	38	-30%
42	12	11	23	47	108%	34	35	3%	29	35	20%	51	35	-32%	70	46	-35%
43	12	13	25	28	10%	35	48	37%	29	29	0%	33	29	-14%	36	35	-1%
77	13	1	316	300	-5%	374	408	9%	269	262	-3%	232	247	6%	209	206	-1%
78	13	2	345	303	-12%	409	0	-100%	389	326	-16%	287	358	25%	257	287	11%
79	13	3	312	277	-11%	378	417	10%	272	266	-2%	249	255	3%	227	223	-2%
44	13	4	194	181	-7%	215	268	25%	174	178	2%	156	155	-1%	160	135	-15%
45	13	5	214	205	-4%	266	307	16%	204	205	1%	201	183	-9%	194	130	-33%
46	13	6	182	183	1%	221	280	26%	175	175	0%	167	138	-18%	147	116	-21%
47	13	8	108	93	-14%	149	200	35%	98	99	1%	104	77	-26%	91	64	-30%
48	13	9	105	67	-36%	131	165	26%	89	88	-1%	97	66	-32%	83	56	-32%
49	13	10	35	25	-29%	63	81	29%	38	34	-11%	51	26	-49%	42	21	-49%
50	13	11	36	34	-5%	52	62	19%	45	41	-8%	62	44	-28%	52	49	-5%
51	13	12	30	22	-27%	55	66	20%	33	31	-8%	49	30	-39%	44	30	-31%

BT.03 Erfassungsquoten Bluetooth-Detektoren

Erfassungsquote DWV

LSA	Start	Vergleich Erfassungsquote Bluetooth-Detektoren								
		Anzahl Fahrzeuge DWV			Anzahl Fahrzeuge DWV BT			Erfassungsquote (Anzahl BT / Anzahl Schleifen)		
		FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [%]	SST [%]	Δ
270	1	95'536	92'450	-3%	10'639	9'472	-11%	11%	10%	-0.1
81	2	13'248	13'810	4%	785	778	-1%	6%	6%	0.0
270	3	16'224	16'725	3%	2'137	2'429	14%	13%	15%	0.1
128	4 Ri H	107'476	110'139	2%	9'311	8'576	-8%	9%	8%	-0.1
128	4 Ri U	112'407	114'596	2%	11'014	11'754	7%	10%	10%	0.0
64	6	71'051	71'665	1%	5'708	5'963	4%	8%	8%	0.0
127	8	221'068	224'249	1%	14'243	13'796	-3%	6%	6%	0.0
127	9	22'092	22'765	3%	2'963	2'958	0%	13%	13%	0.0
Total		659'102	666'399	1%	56'800	55'726	-2%	9	8	0.0

Erfassungsquote DTV

LSA	Start	Vergleich Erfassungsquote Bluetooth-Detektoren								
		Anzahl Fahrzeuge DTV			Anzahl Fahrzeuge DTV BT			Erfassungsquote (Anzahl BT / Anzahl Schleifen)		
		FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [%]	SST [%]	Δ
270	1	131'789	128'739	-2%	13'752	12'239	-11%	10%	10%	-0.1
81	2	16'659	17'558	5%	962	976	1%	6%	6%	0.0
270	3	20'488	21'521	5%	2'619	2'970	13%	13%	14%	0.1
128	4 Ri H	146'552	149'552	2%	11'759	10'838	-8%	8%	7%	-0.1
128	4 Ri U	152'681	155'981	2%	14'396	15'118	5%	9%	10%	0.0
64	6	91'504	93'376	2%	7'122	7'583	6%	8%	8%	0.0
127	8	293'617	299'827	2%	18'392	17'715	-4%	6%	6%	-0.1
127	9	28'344	29'267	3%	3'729	3'739	0%	13%	13%	0.0
Total		881'634	895'821	2%	72'731	71'178	-2%	8	8	0.0

Erfassungsquote MSP

LSA	Start	Vergleich Erfassungsquote Bluetooth-Detektoren								
		Anzahl Fahrzeuge MSP			Anzahl Fahrzeuge MSP BT			Erfassungsquote (Anzahl BT / Anzahl Schleifen)		
		FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [%]	SST [%]	Δ
270	1	6'646	5'161	-22%	761	618	-19%	11%	12%	0.0
81	2	521	544	4%	38	44	16%	7%	8%	0.1
270	3	1'051	901	-14%	171	172	1%	16%	19%	0.2
128	4 Ri H	6'689	6'503	-3%	687	528	-23%	10%	8%	-0.2
128	4 Ri U	7'713	7'725	0%	810	944	17%	11%	12%	0.2
64	6	4'439	4'399	-1%	364	342	-6%	8%	8%	-0.1
127	8	15'146	15'242	1%	1'089	1'056	-3%	7%	7%	0.0
127	9	1'328	1'399	5%	190	201	6%	14%	14%	0.0
Total		43'533	41'874	-4%	4'110	3'905	-5%	9	9	0.0

Erfassungsquote ASP

LSA	Start	Vergleich Erfassungsquote Bluetooth-Detektoren								
		Anzahl Fahrzeuge ASP			Anzahl Fahrzeuge ASP BT			Erfassungsquote (Anzahl BT / Anzahl Schleifen)		
		FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [%]	SST [%]	Δ
270	1	8'033	5'838	-27%	674	683	1%	8%	12%	0.4
81	2	1'291	1'418	10%	90	95	6%	7%	7%	0.0
270	3	1'830	1'731	-5%	154	234	52%	8%	14%	0.6
128	4 Ri H	6'936	7'100	2%	612	629	3%	9%	9%	0.0
128	4 Ri U	7'751	7'605	-2%	689	744	8%	9%	10%	0.1
64	6	5'881	5'686	-3%	505	473	-6%	9%	8%	0.0
127	8	17'004	17'086	0%	876	873	0%	5%	5%	0.0
127	9	1'651	1'772	7%	250	259	4%	15%	15%	0.0
Total		50'377	48'236	-4%	3'850	3'990	4%	8	8	0.1

Erfassungsquote Sa

LSA	Start	Vergleich Erfassungsquote Bluetooth-Detektoren								
		Anzahl Fahrzeuge Sa			Anzahl Fahrzeuge Sa BT			Erfassungsquote (Anzahl BT / Anzahl Schleifen)		
		FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [%]	SST [%]	Δ
270	1	20'037	20'179	1%	1'859	1'629	-12%	9%	8%	-0.1
81	2	2'339	2'634	13%	116	131	13%	5%	5%	0.0
270	3	2'703	3'005	11%	303	332	10%	11%	11%	0.0
128	4 Ri H	21'603	21'937	2%	1'421	1'354	-5%	7%	6%	-0.1
128	4 Ri U	21'933	23'059	5%	1'880	1'843	-2%	9%	8%	-0.1
64	6	12'475	13'052	5%	887	1'044	18%	7%	8%	0.1
127	8	40'059	43'133	8%	2'334	2'240	-4%	6%	5%	-0.1
127	9	4'280	4'632	8%	513	555	8%	12%	12%	0.0
Total		125'429	131'631	5%	9'313	9'128	-2%	7	7	-0.1

Erfassungsquote So

LSA	Start	Vergleich Erfassungsquote Bluetooth-Detektoren								
		Anzahl Fahrzeuge So			Anzahl Fahrzeuge So BT			Erfassungsquote (Anzahl BT / Anzahl Schleifen)		
		FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [Fz]	SST [Fz]	Δ	FESA [%]	SST [%]	Δ
270	1	16'216	16'110	-1%	1'254	1'138	-9%	8%	7%	-0.1
81	2	1'072	1'114	4%	61	67	10%	6%	6%	0.1
270	3	1'561	1'791	15%	179	209	17%	11%	12%	0.0
128	4 Ri H	17'473	17'476	0%	1'027	908	-12%	6%	5%	-0.1
128	4 Ri U	18'341	18'326	0%	1'502	1'521	1%	8%	8%	0.0
64	6	7'978	8'659	9%	527	576	9%	7%	7%	0.0
127	8	32'490	32'445	0%	1'815	1'679	-7%	6%	5%	-0.1
127	9	1'972	1'870	-5%	253	226	-11%	13%	12%	-0.1
Total		97'103	97'791	1%	6'618	6'324	-4%	7	6	-0.1

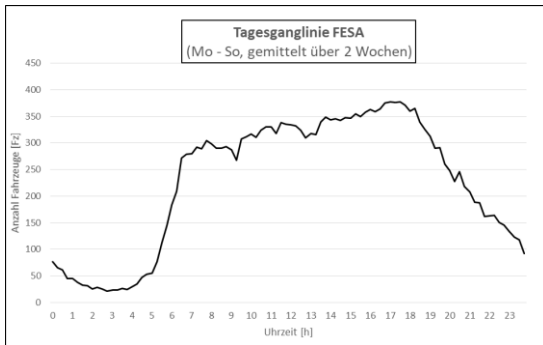
Auswertungen Zählstellen

zs.01 Verkehrsaufkommen LSA-Knoten

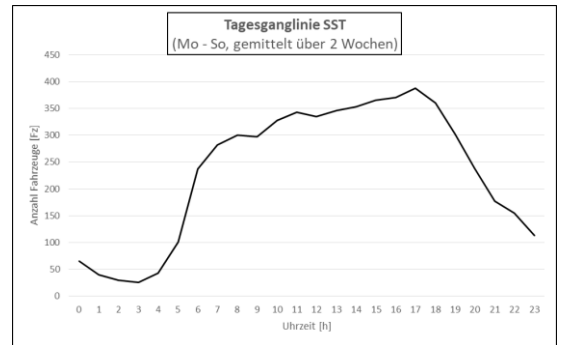
Knoten 270

Tagesganglinie Montag – Sonntag

FESA

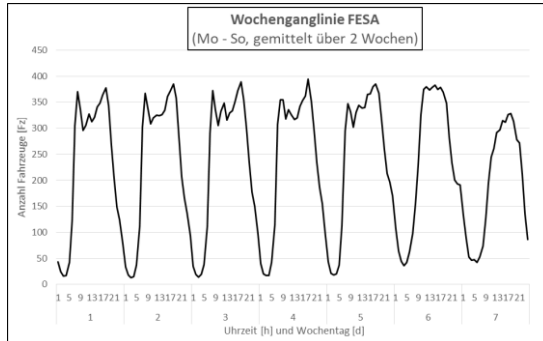


SST

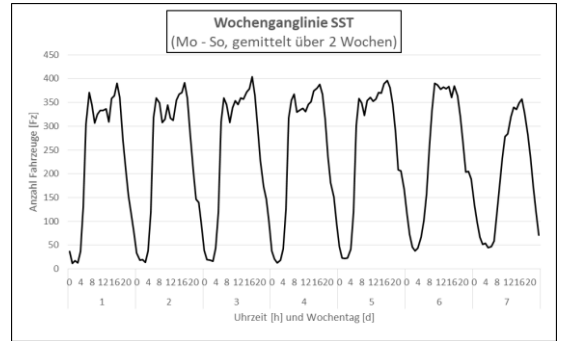


Wochenganglinie

FESA



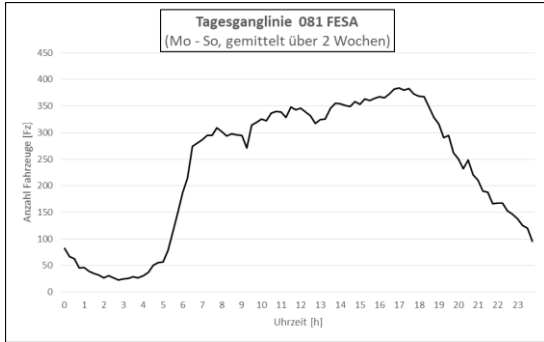
SST



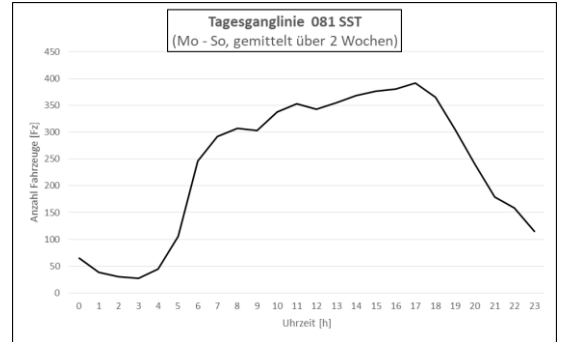
Knoten 081

Tagesganglinie Montag – Sonntag

FESA

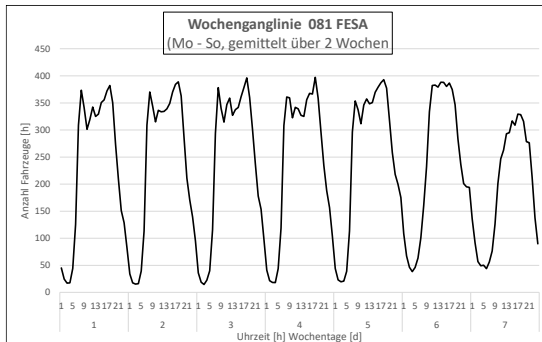


SST

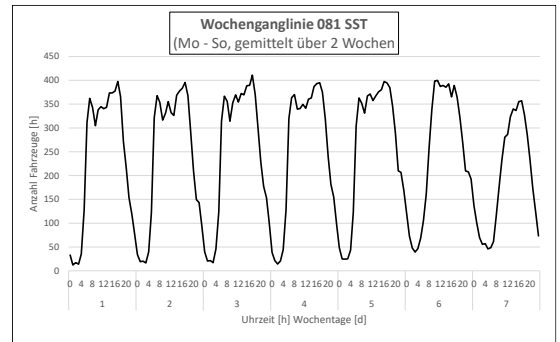


Wochenganglinie

FESA



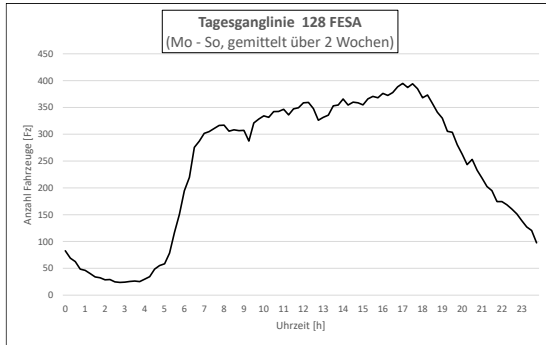
SST



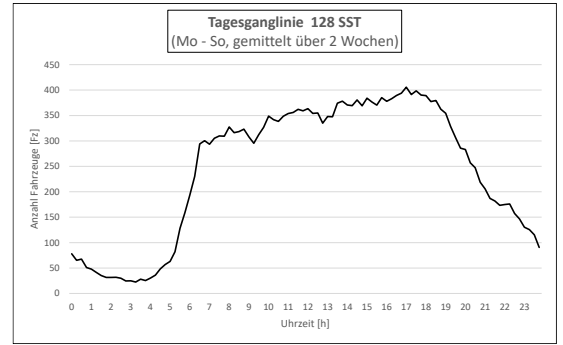
Knoten 128

Tagesganglinie Montag – Sonntag

FESA

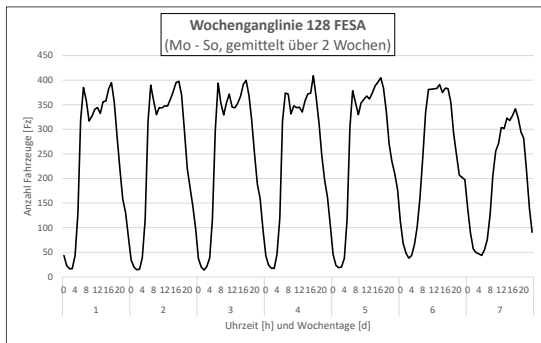


SST

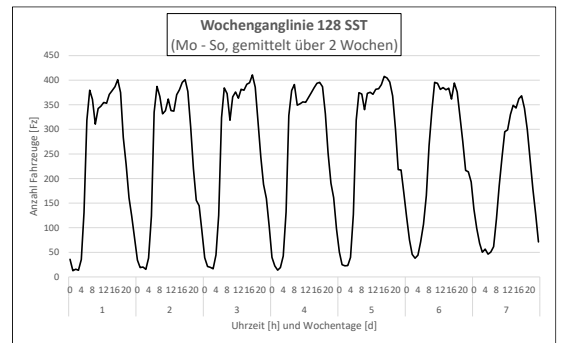


Wochenganglinie

FESA



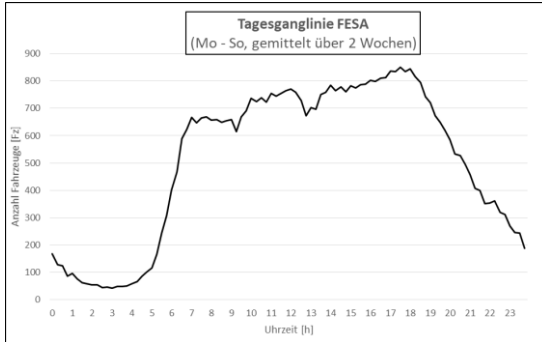
SST



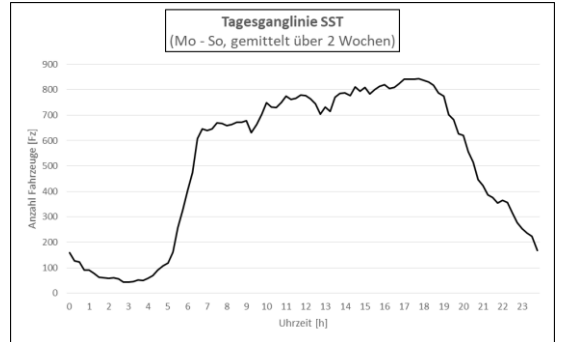
Knoten 159

Tagesganglinie Montag – Sonntag

FESA

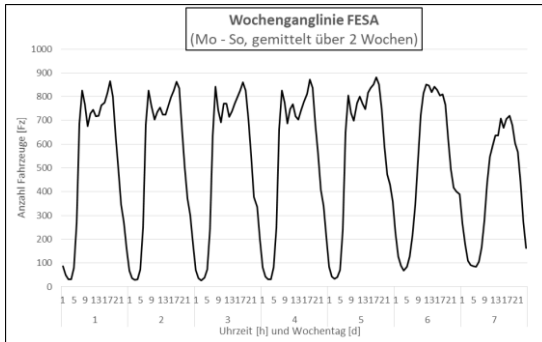


SST

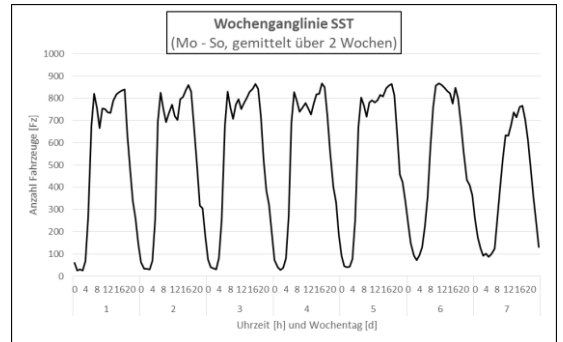


Wochenganglinie

FESA



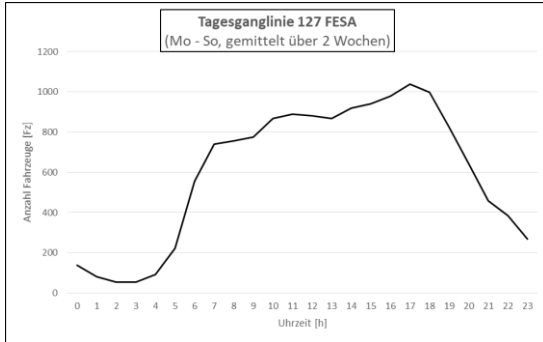
SST



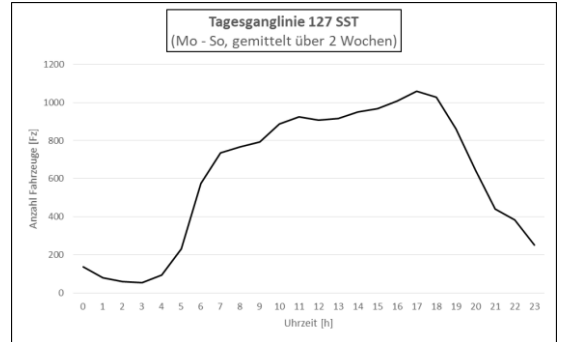
Knoten 127

Tagesganglinie Montag – Sonntag

FESA

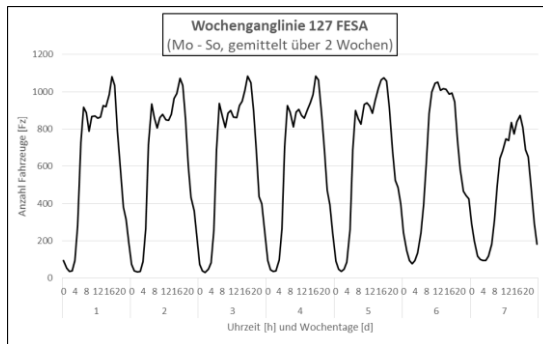


SST

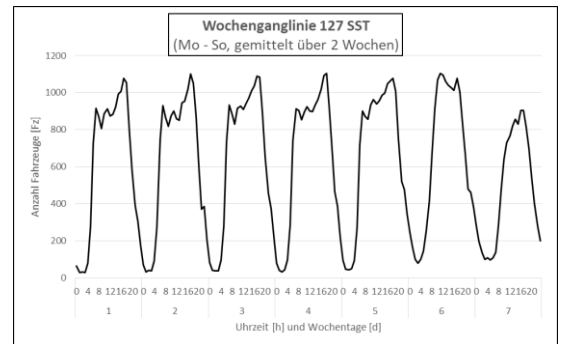


Wochenganglinie

FESA



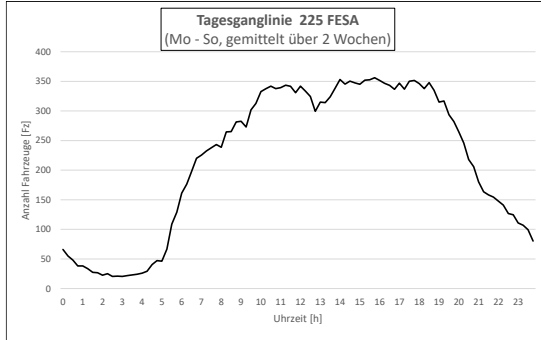
SST



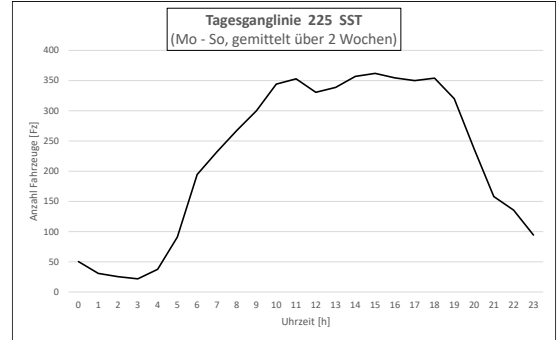
Knoten 225

Tagesganglinie Montag – Sonntag

FESA

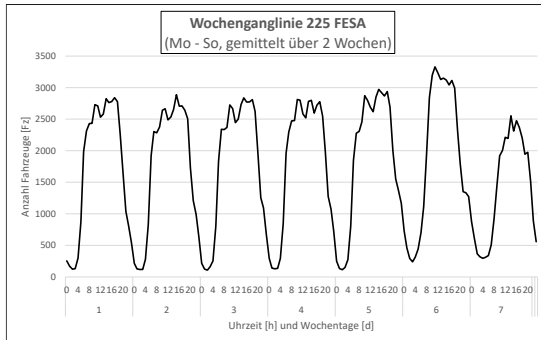


SST

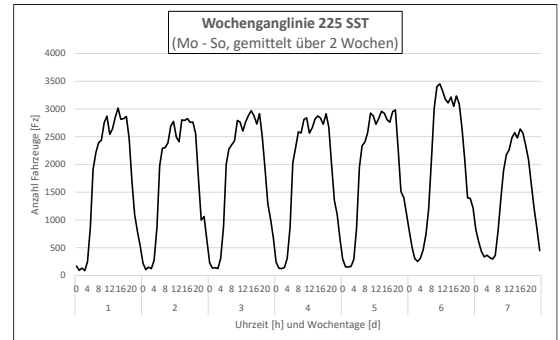


Wochenganglinie

FESA



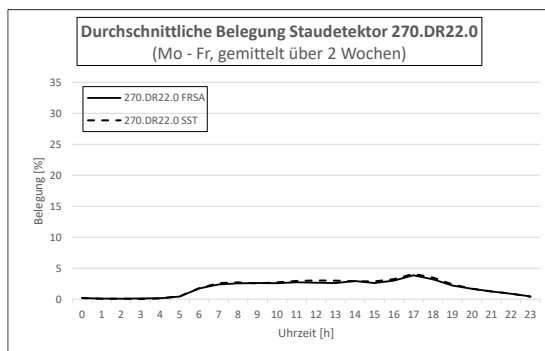
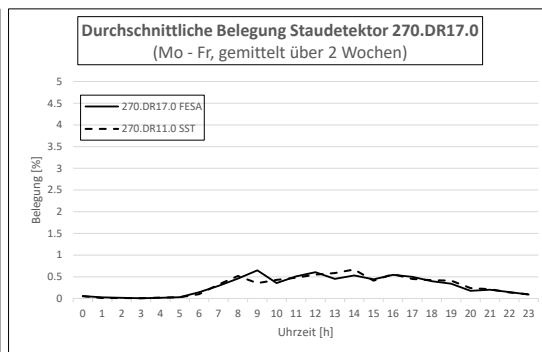
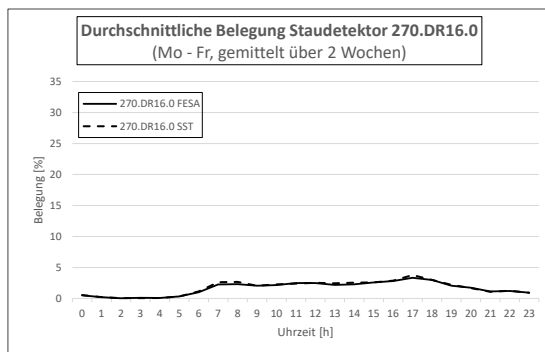
SST



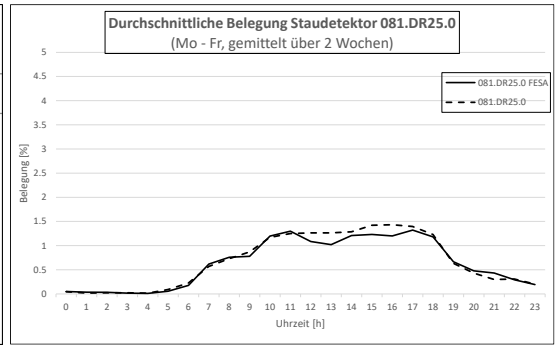
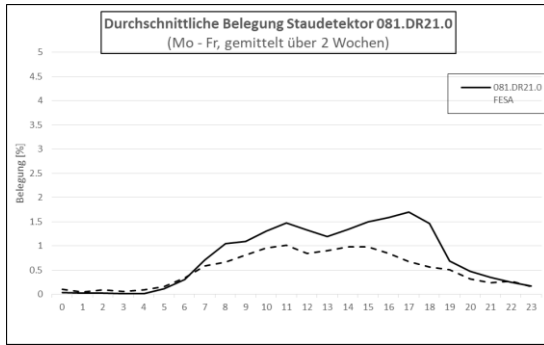
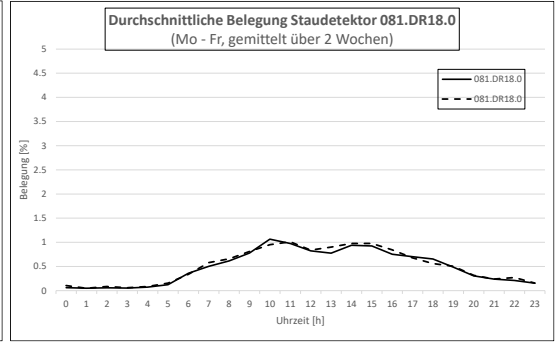
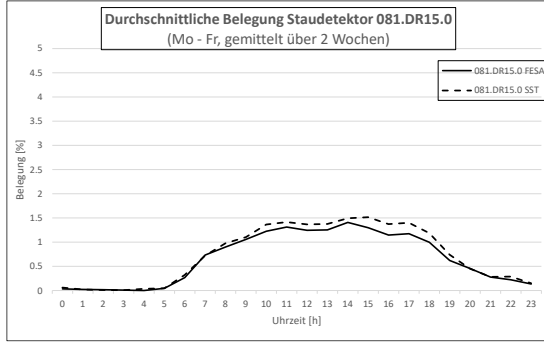
Auswertung LSA-Daten

LSA.01 Rückstau

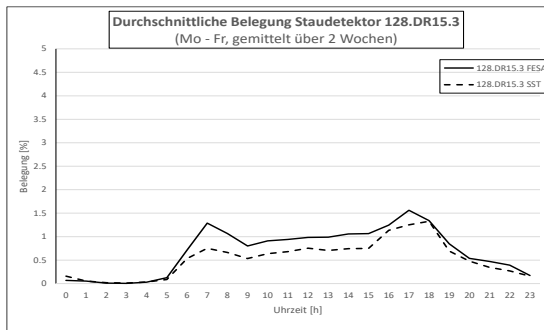
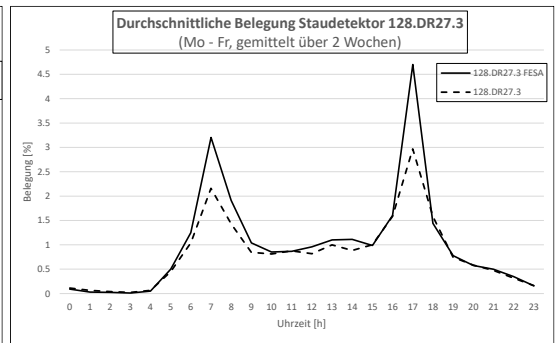
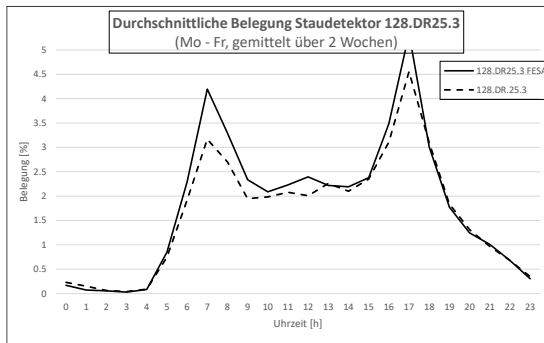
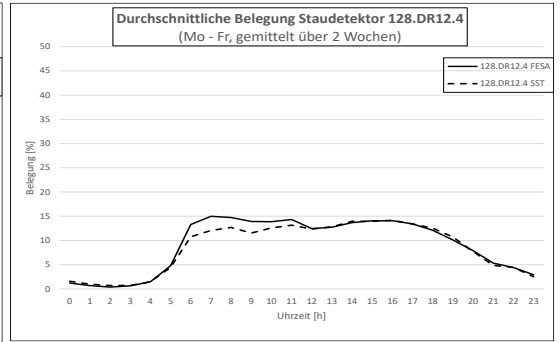
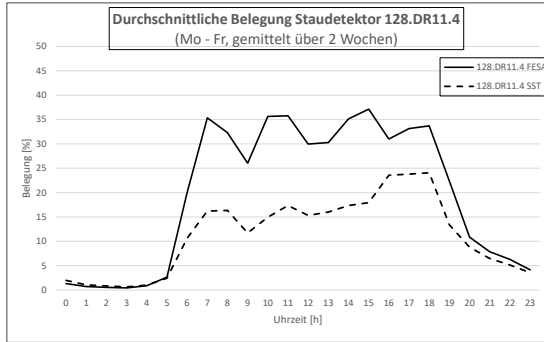
Knoten 270



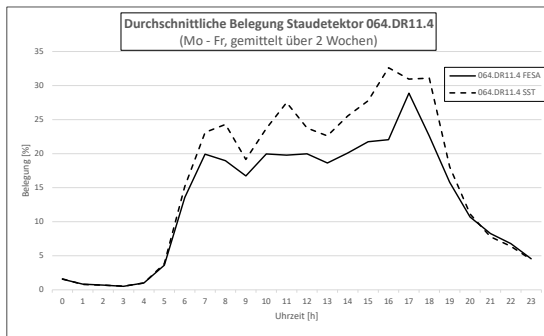
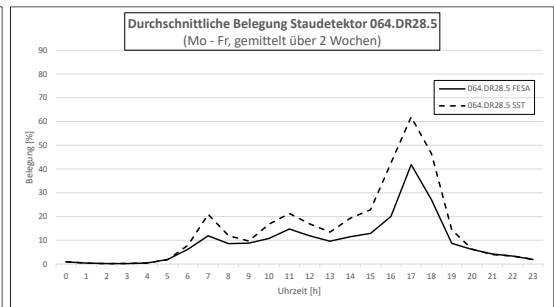
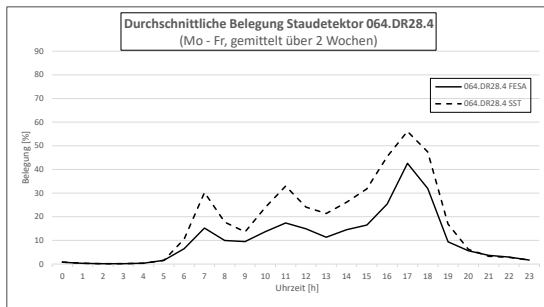
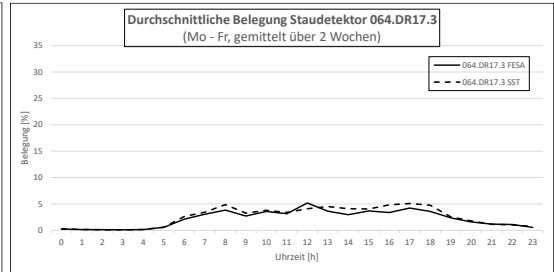
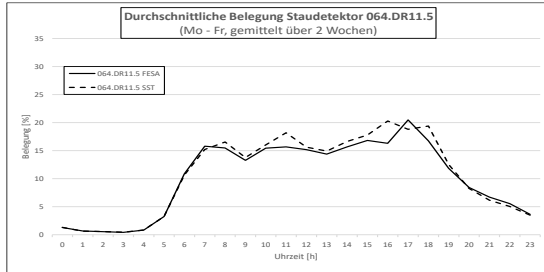
Knoten 081



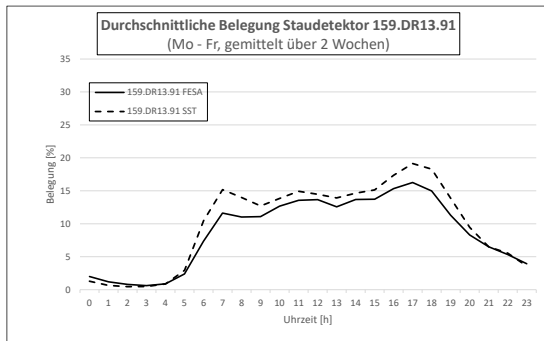
Knoten 128



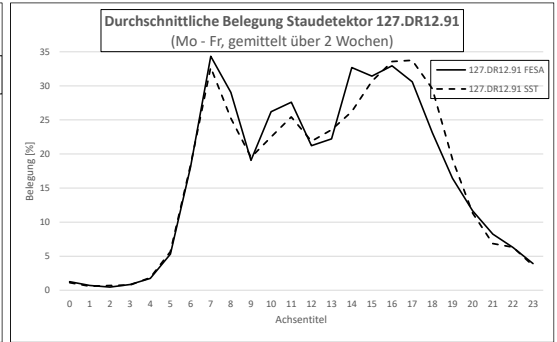
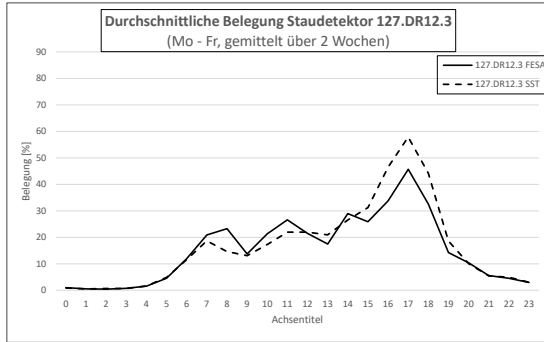
Knoten 064



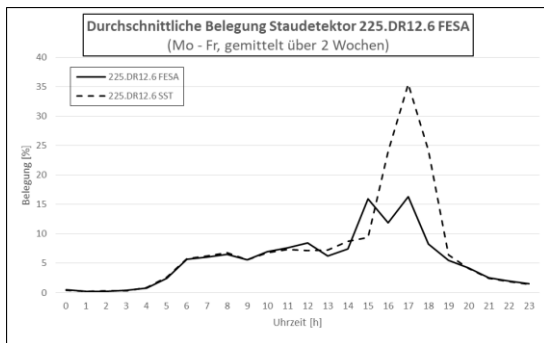
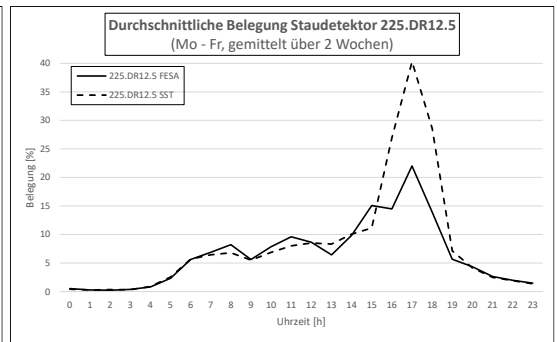
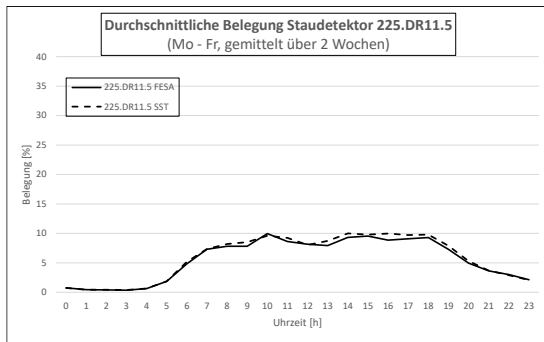
Knoten 159



Knoten 127

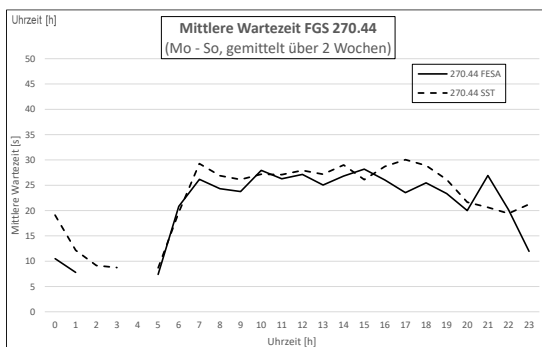
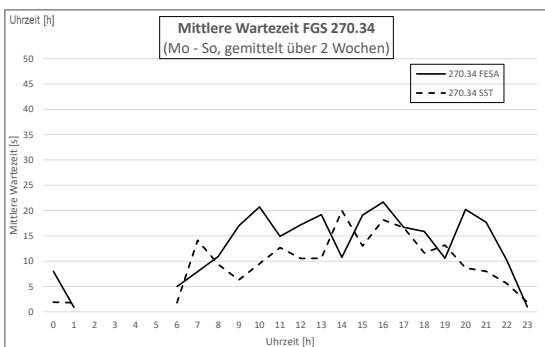


Knoten 225

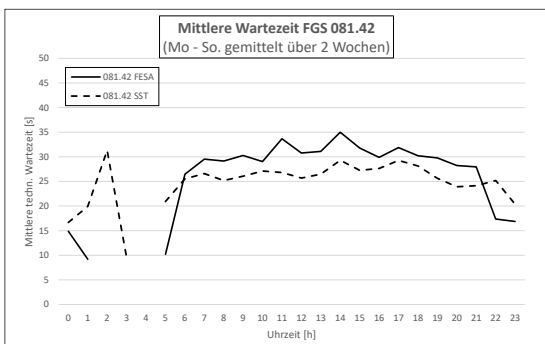
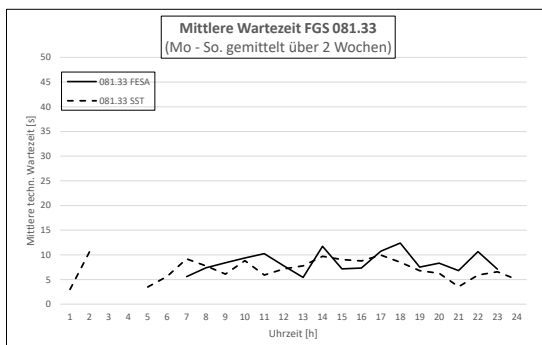
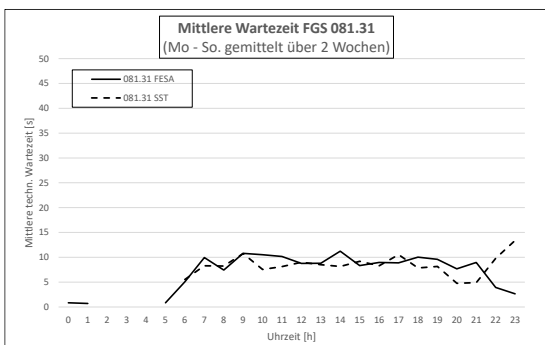


LSA.02 Wartezeiten Fuss- und Veloverkehr

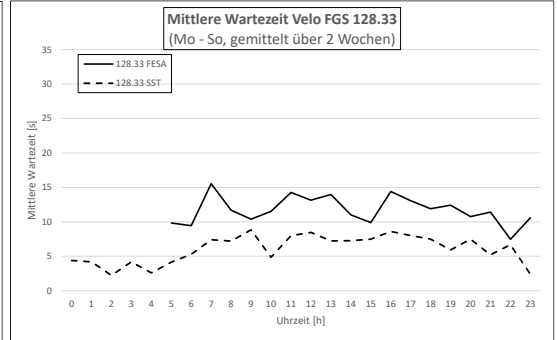
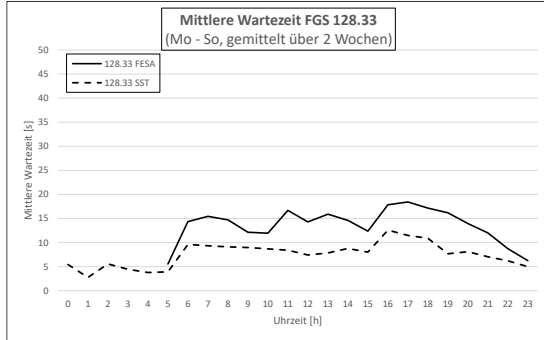
Knoten 270



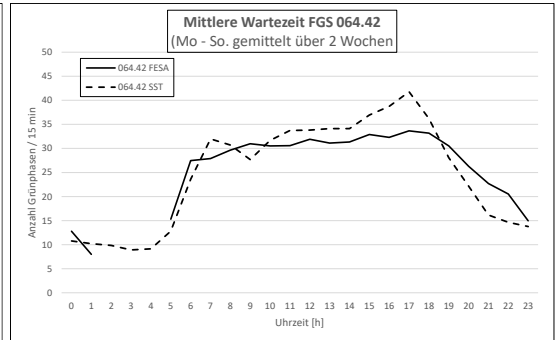
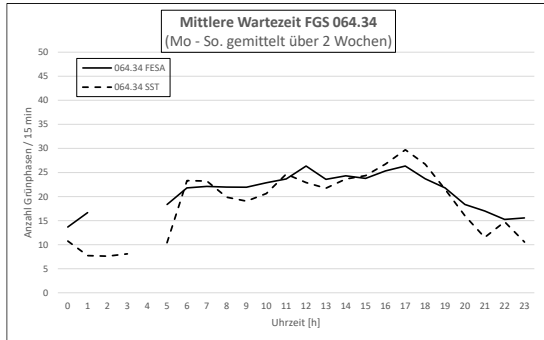
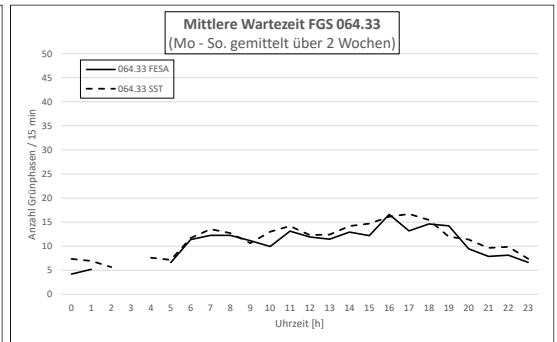
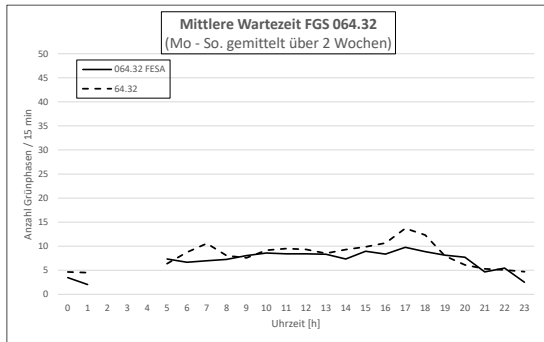
Knoten 081



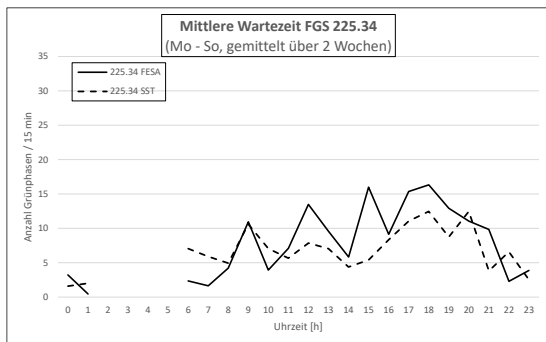
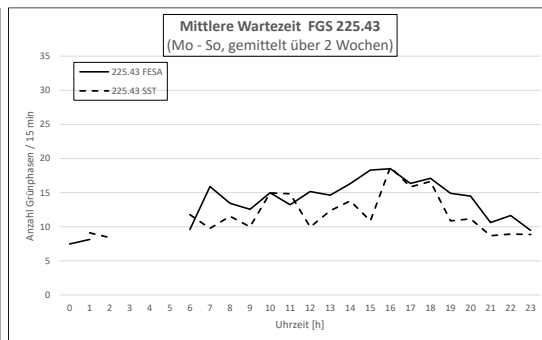
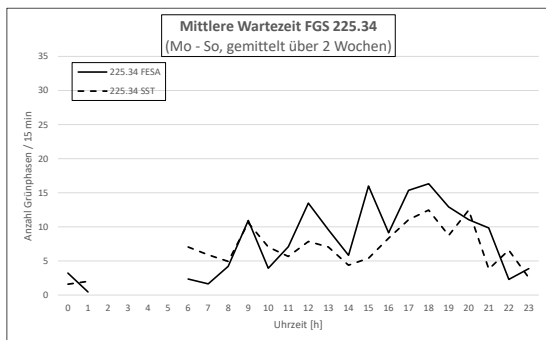
Knoten 128



Knoten 064



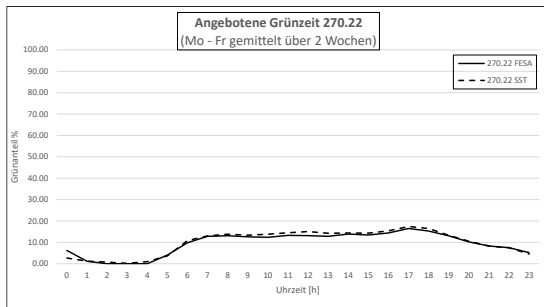
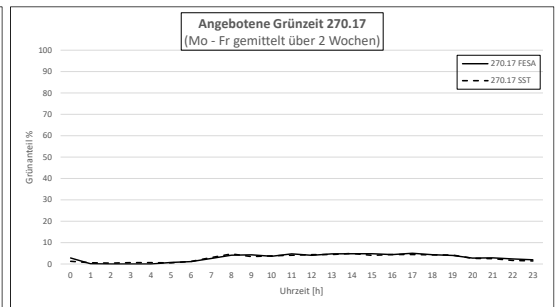
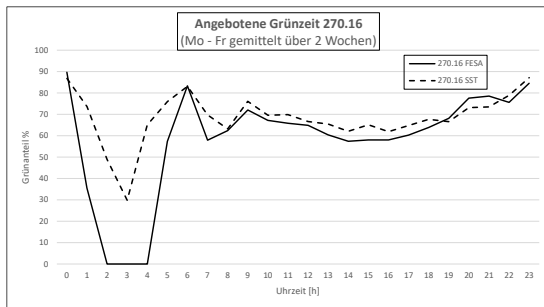
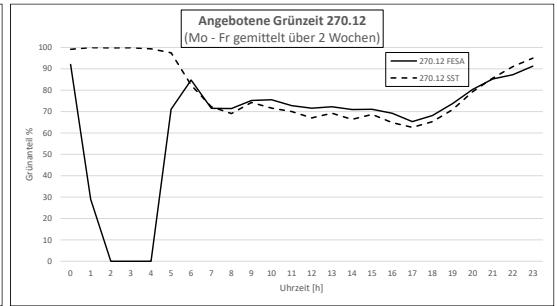
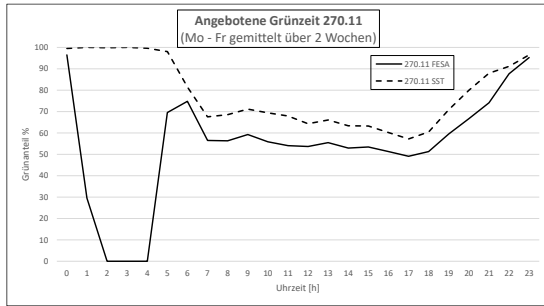
Knoten 225



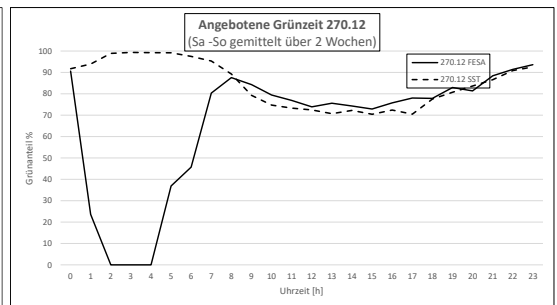
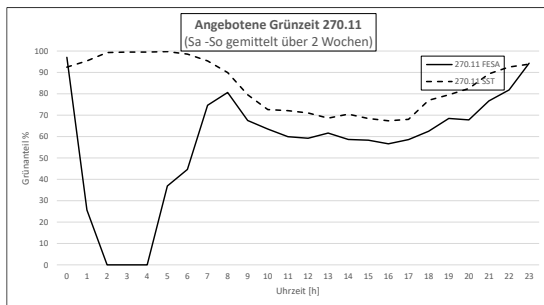
LSA.03 Angebotene Grünzeit

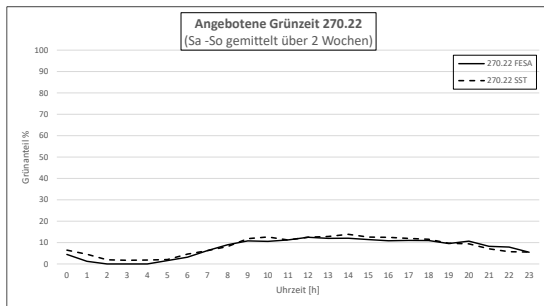
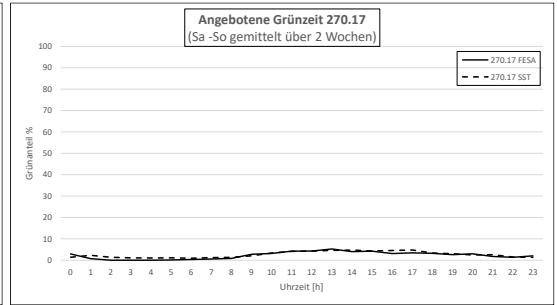
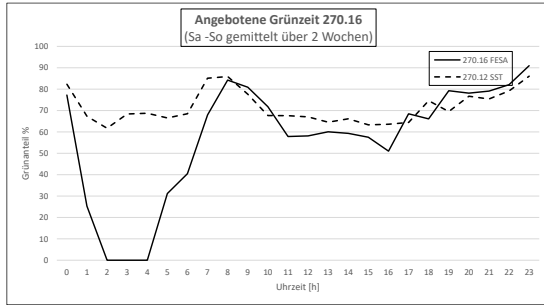
Knoten 270

Montag – Freitag



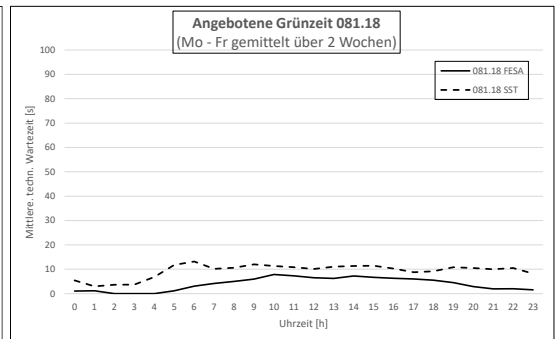
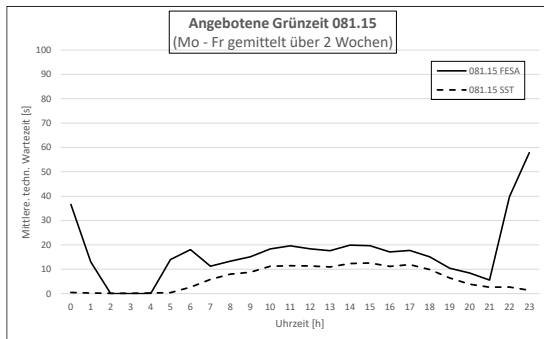
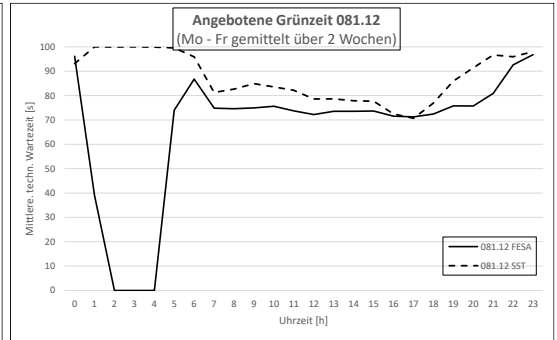
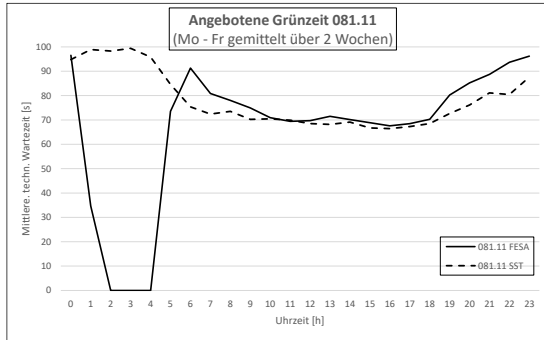
Samstag – Sonntag

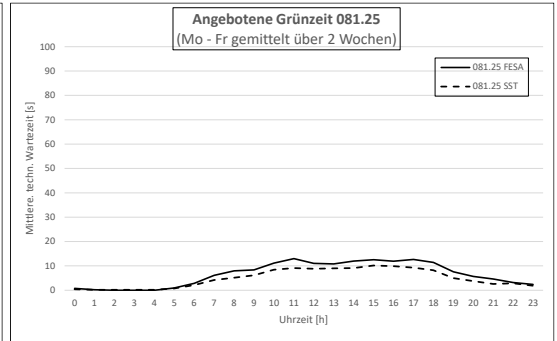
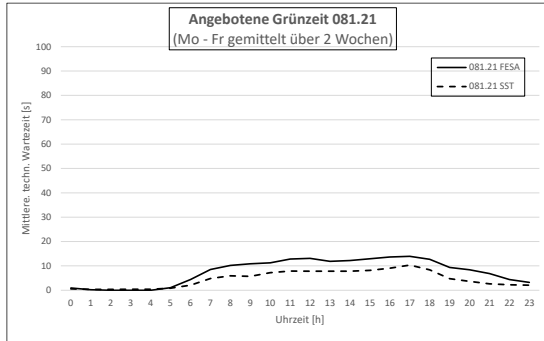




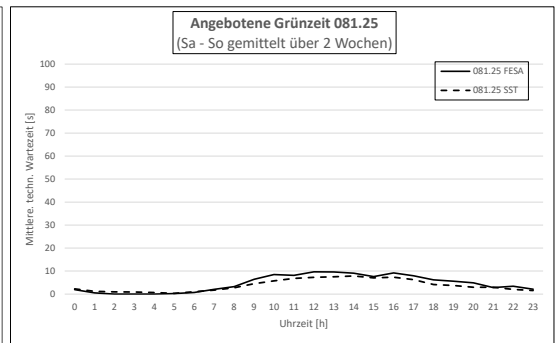
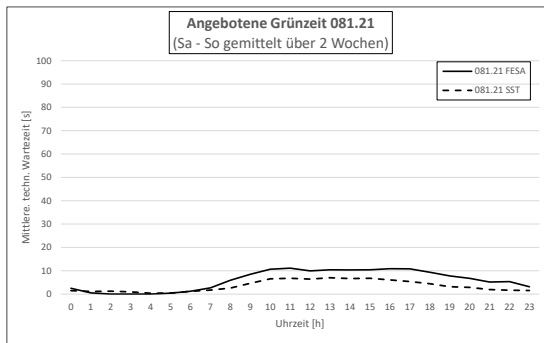
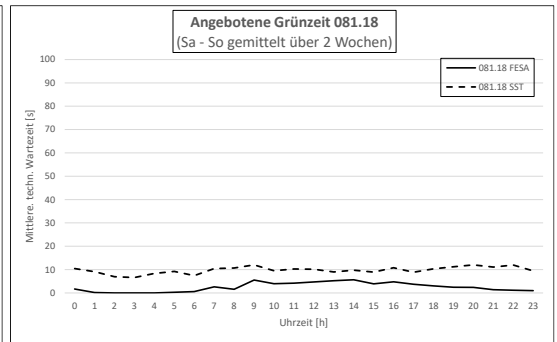
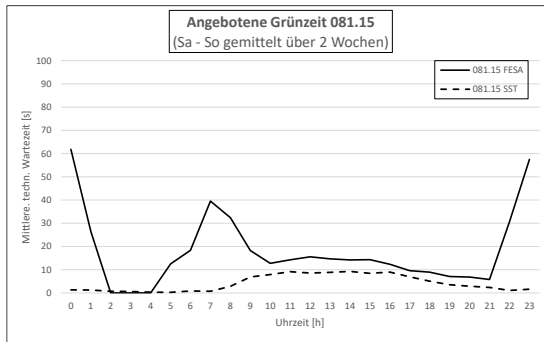
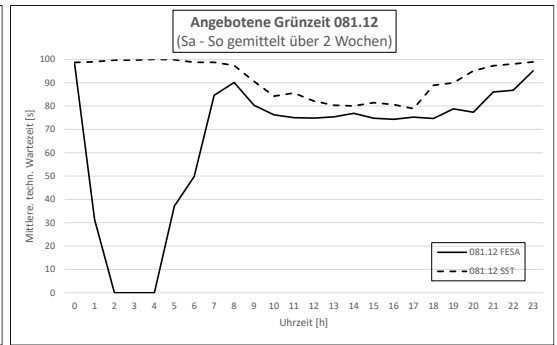
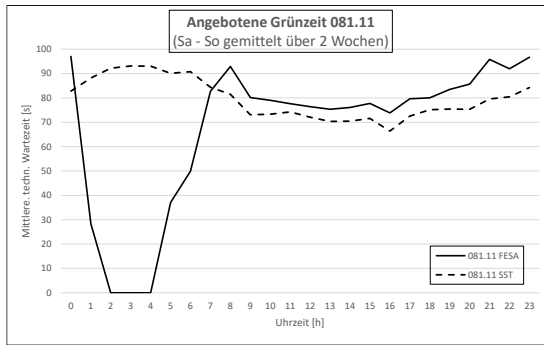
Knoten 081

Montag – Freitag



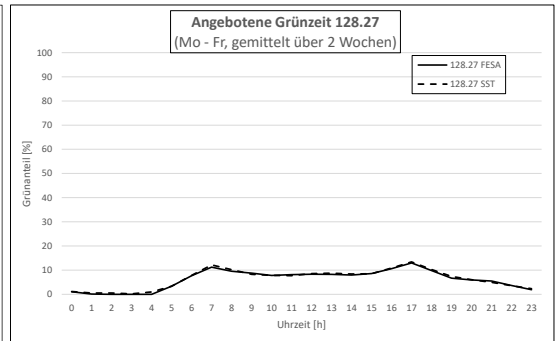
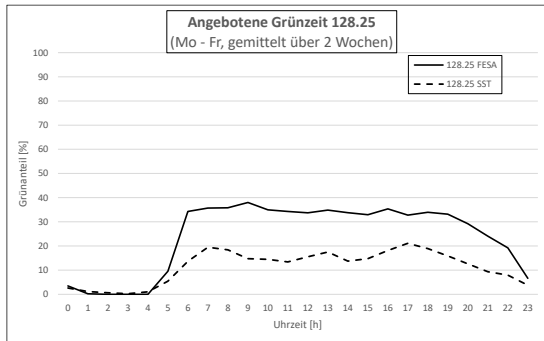
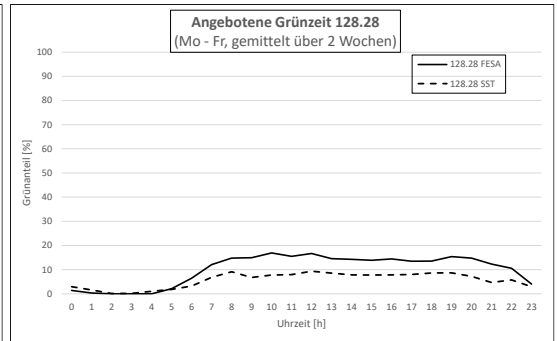
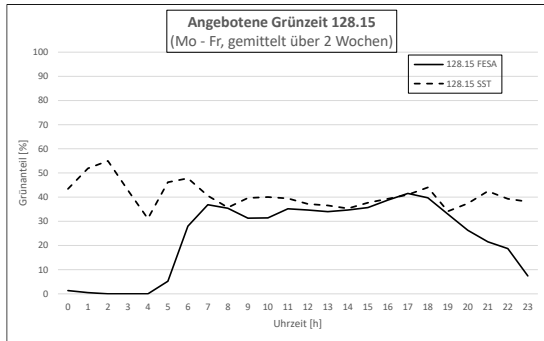
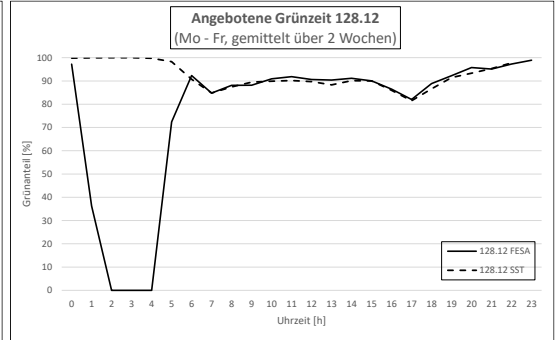
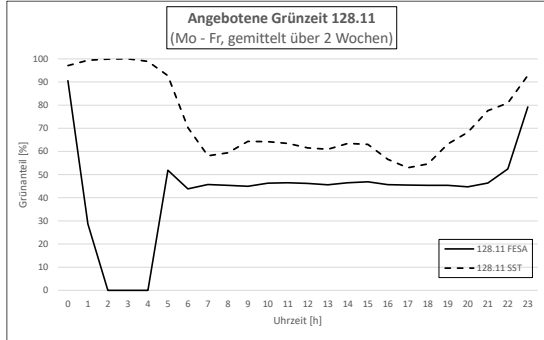


Samstag – Sonntag

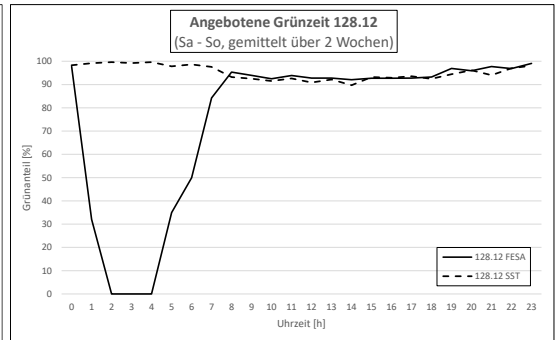
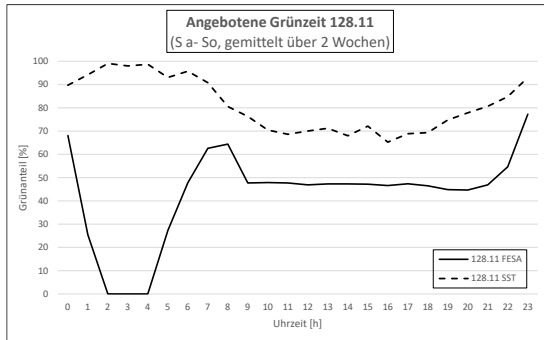


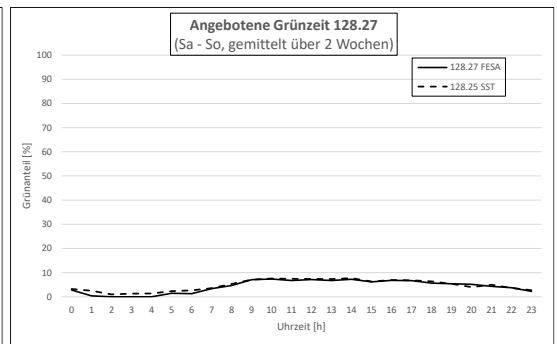
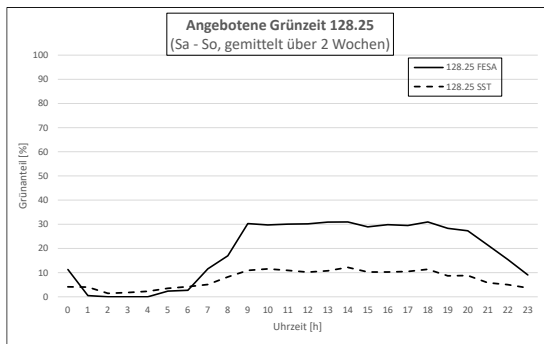
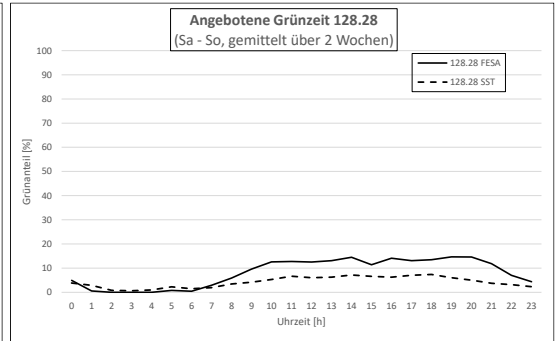
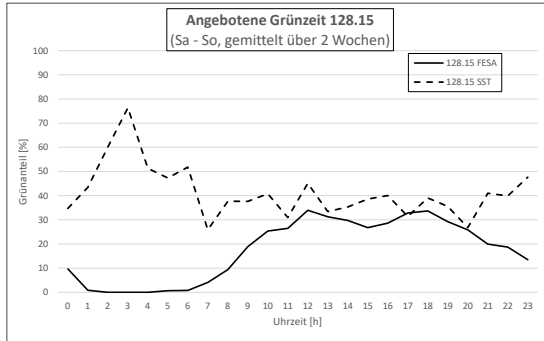
Knoten 128

Montag – Freitag



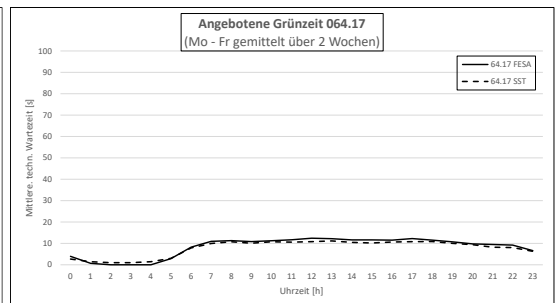
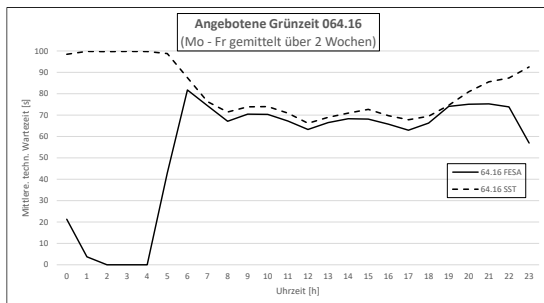
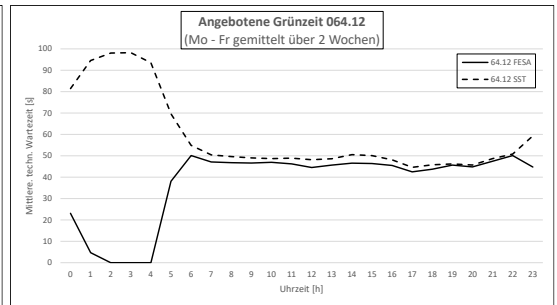
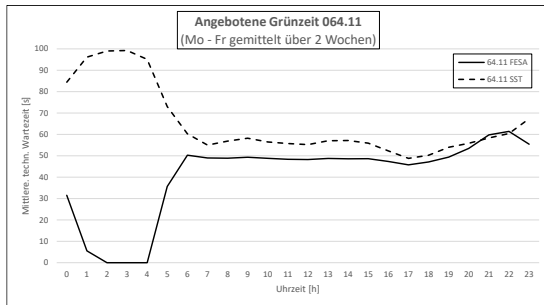
Samstag / Sonntag

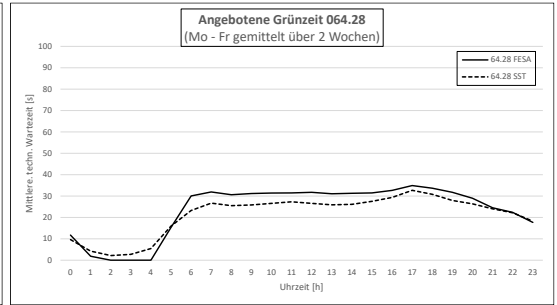
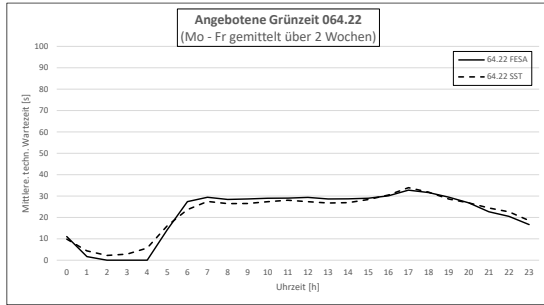




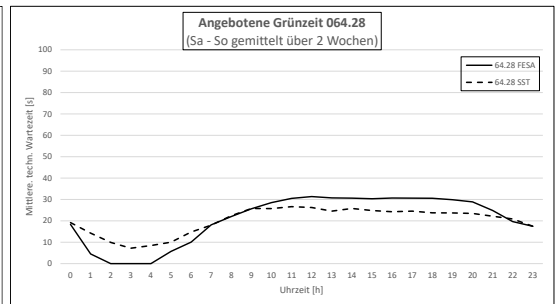
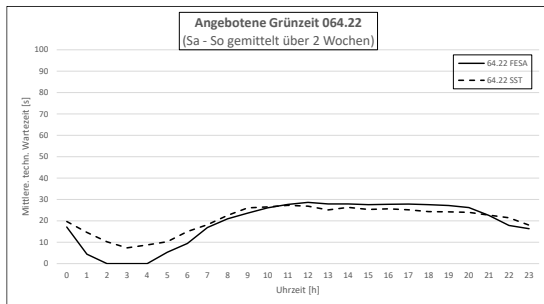
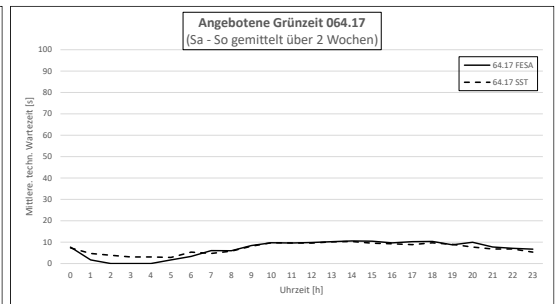
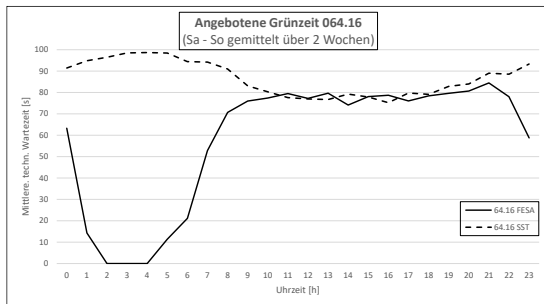
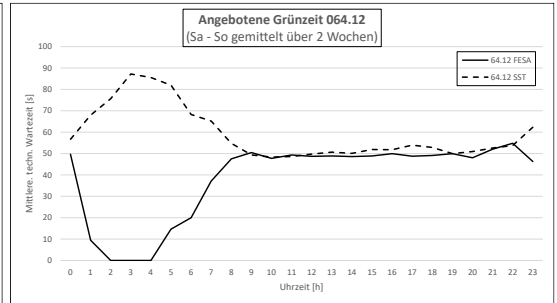
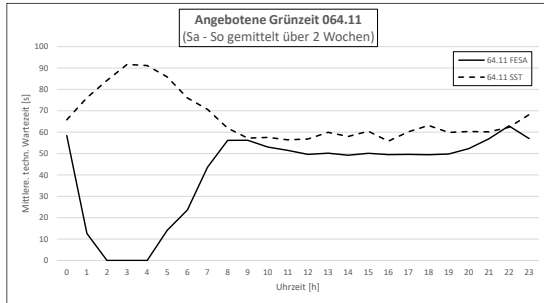
Knoten 064

Montag – Freitag



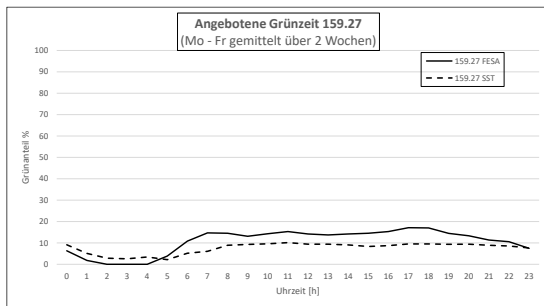
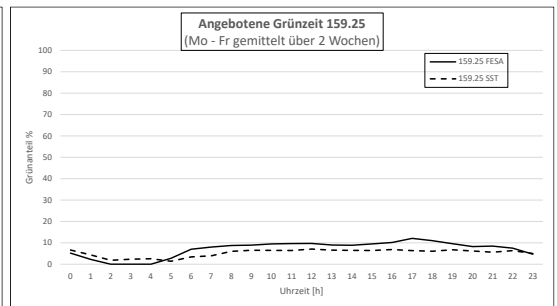
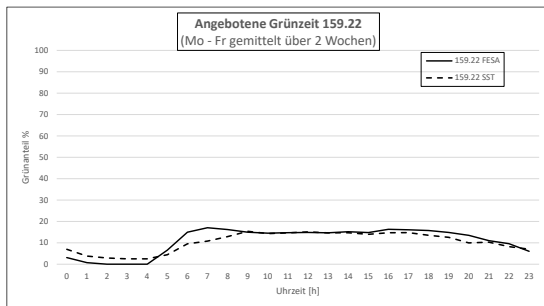
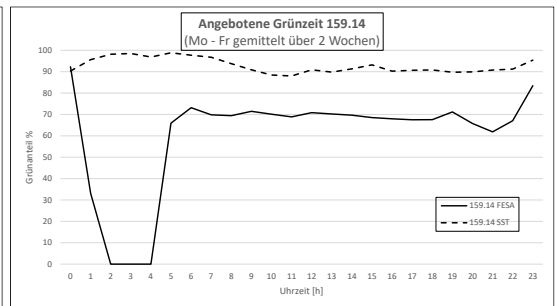
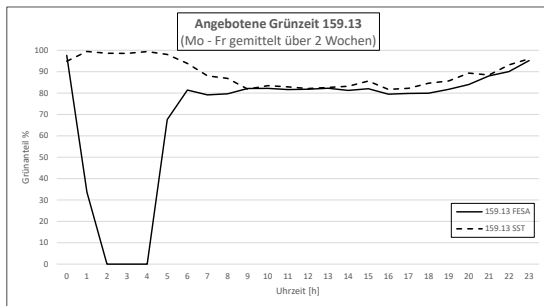
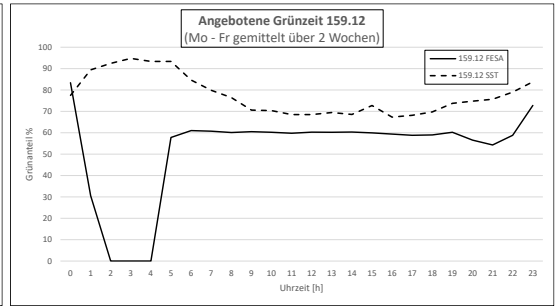
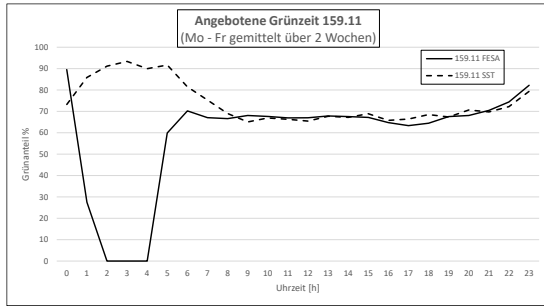


Samstag / Sonntag

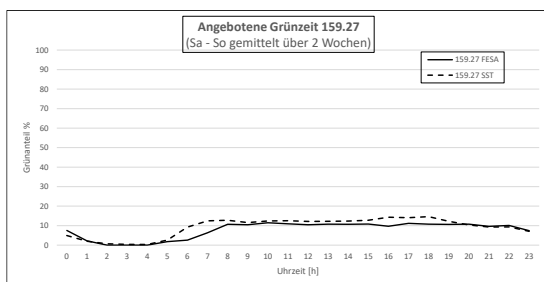
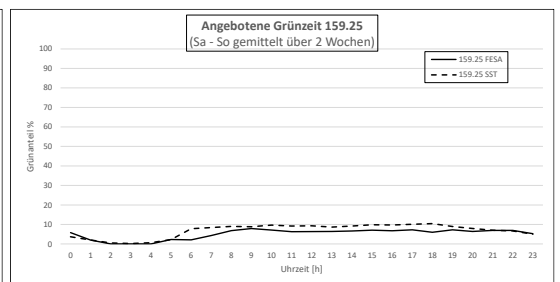
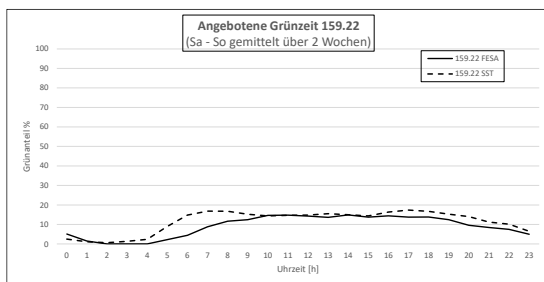
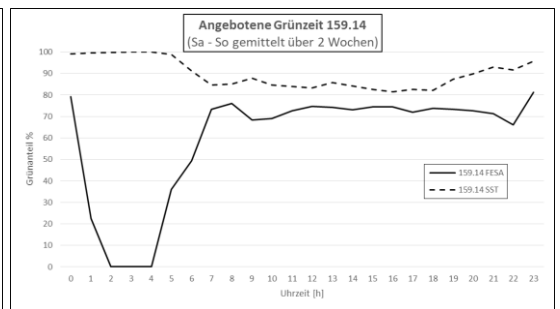
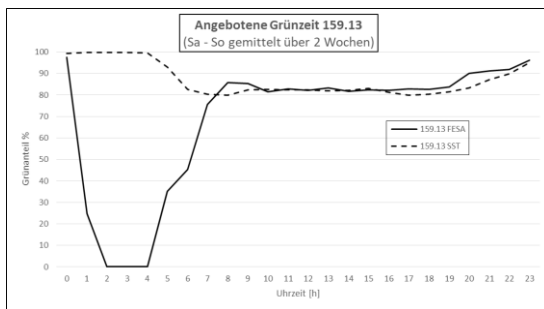
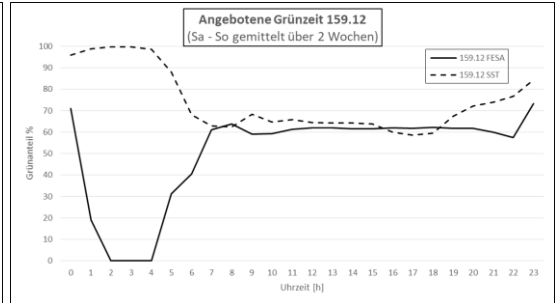
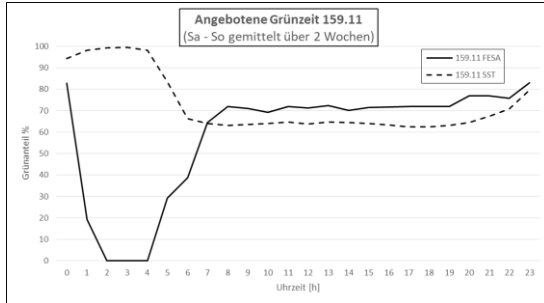


Knoten 159

Montag – Freitag

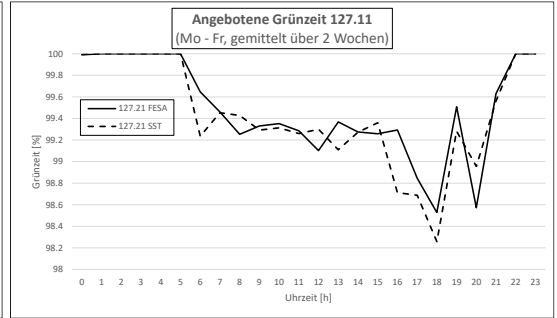
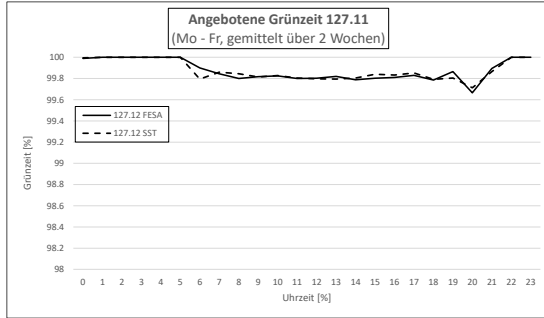


Samstag / Sonntag

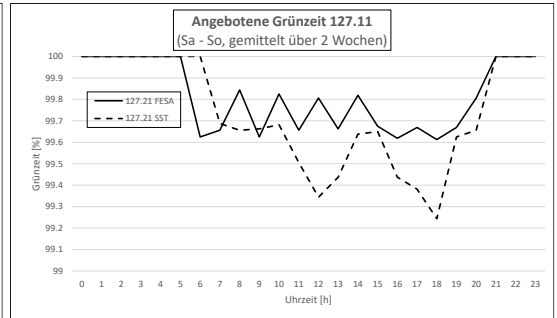
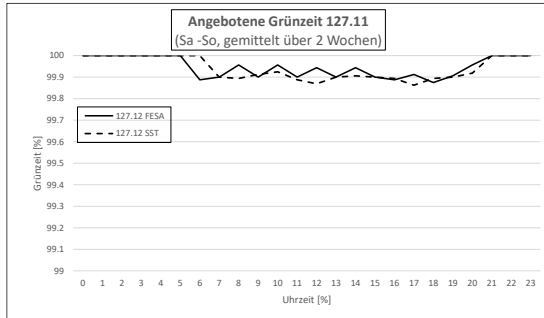


Knoten 127

Montag – Freitag

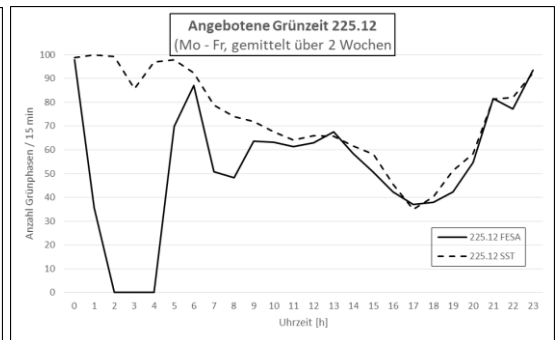
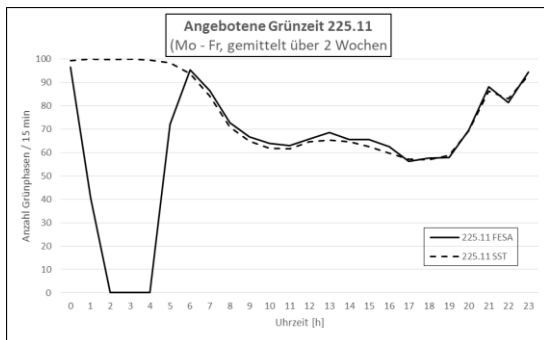


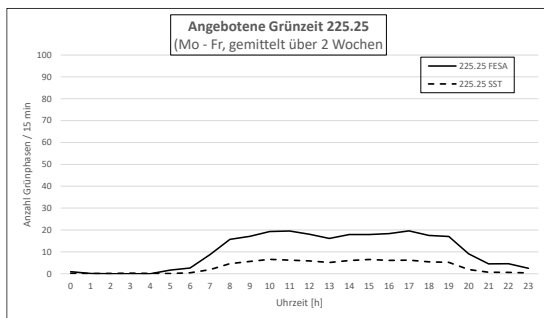
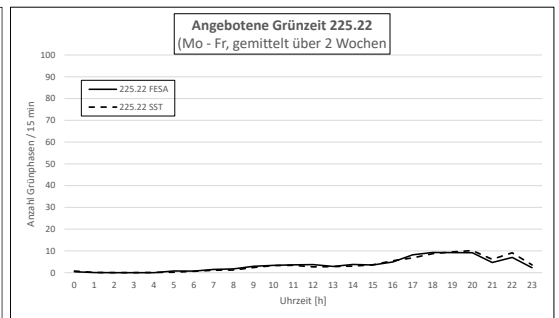
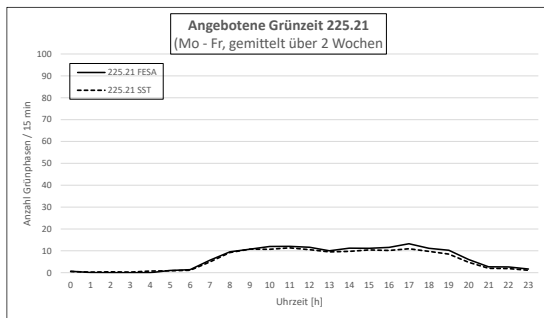
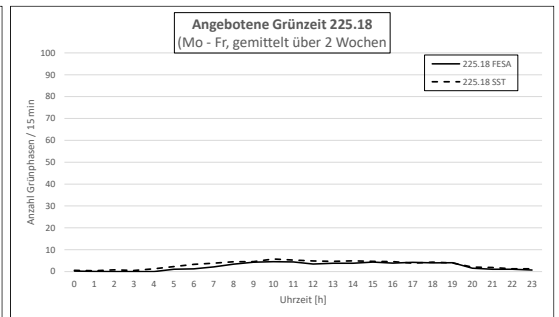
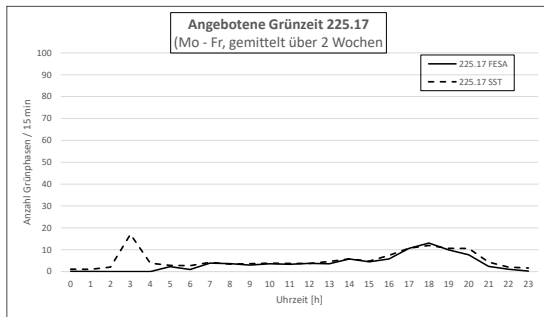
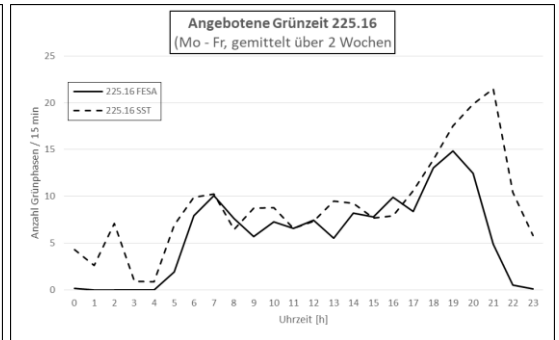
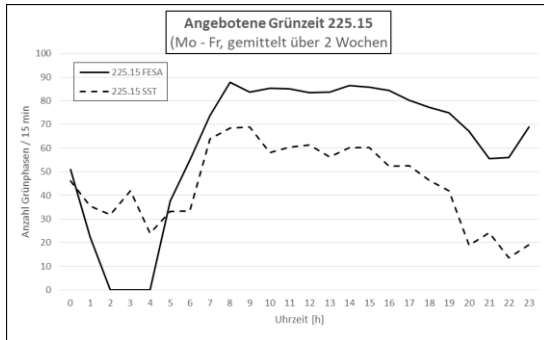
Samstag / Sonntag



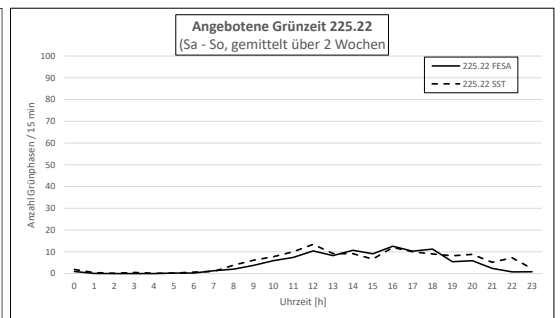
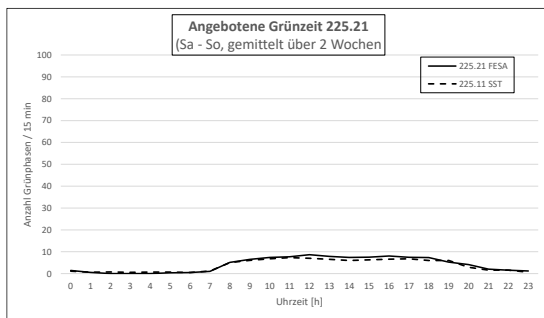
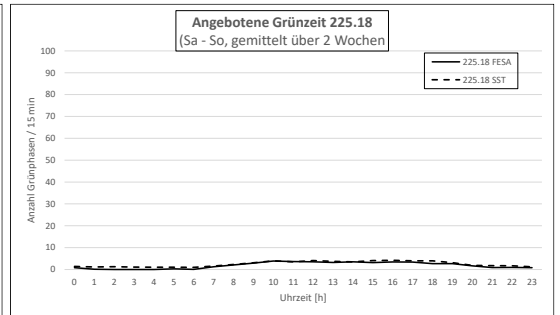
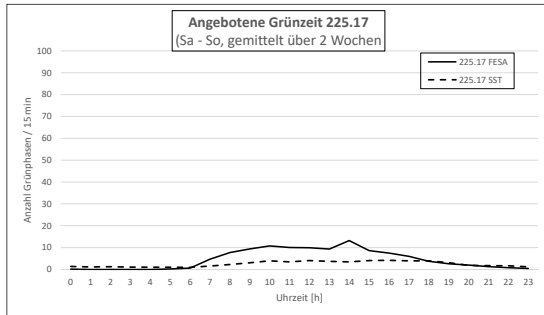
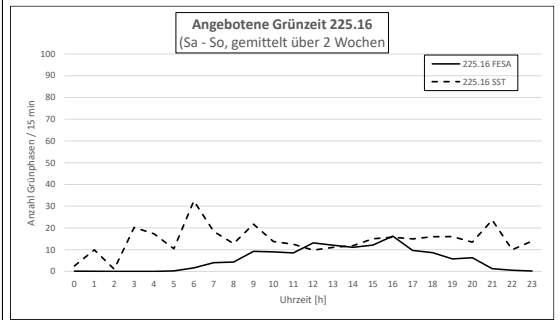
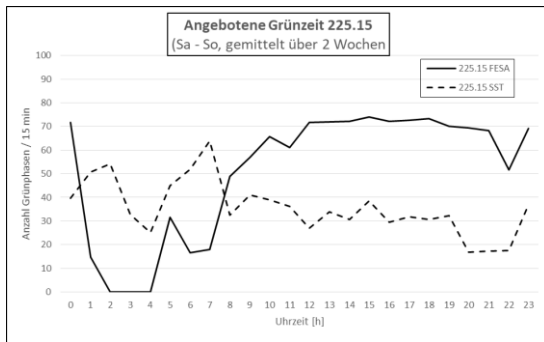
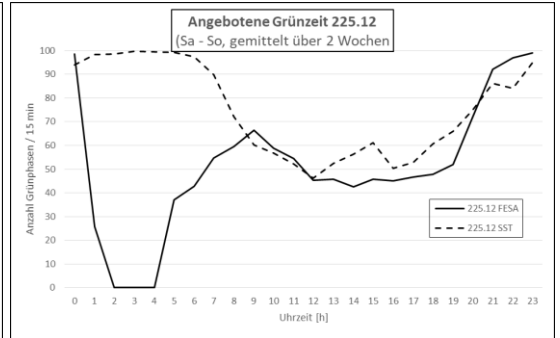
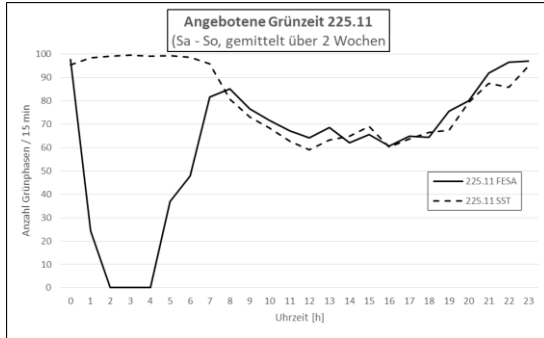
Knoten 225

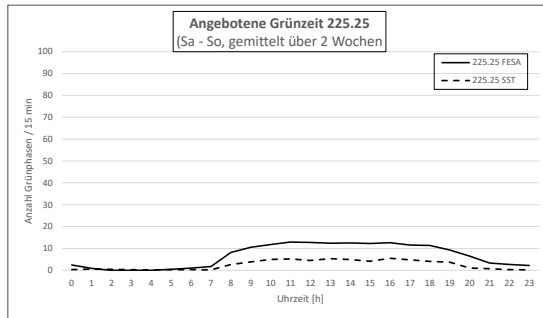
Montag – Freitag





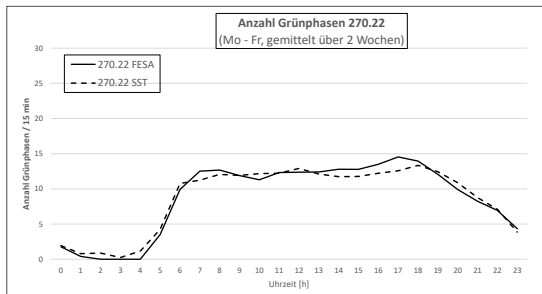
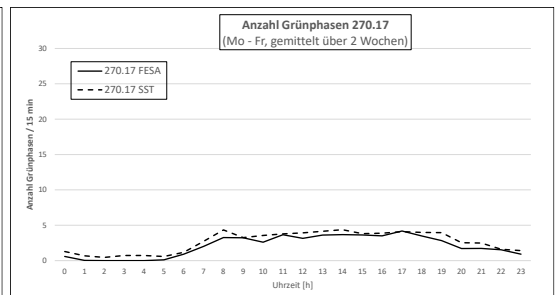
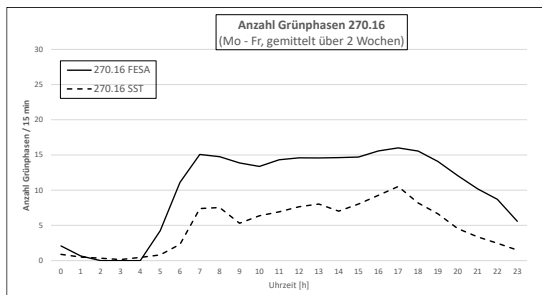
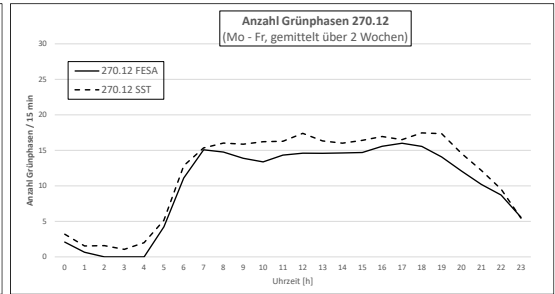
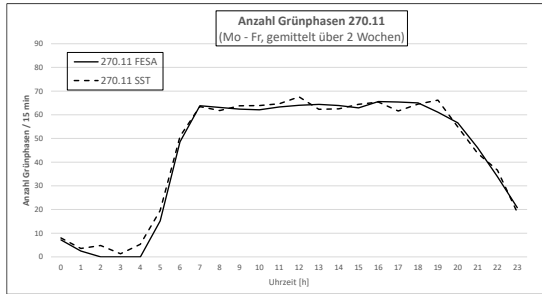
Samstag / Sonntag



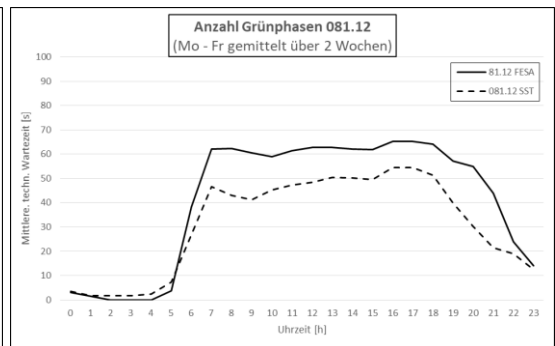
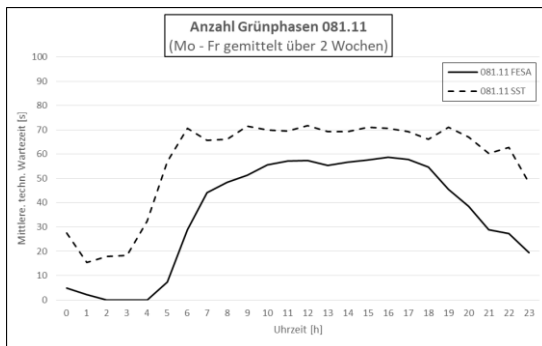


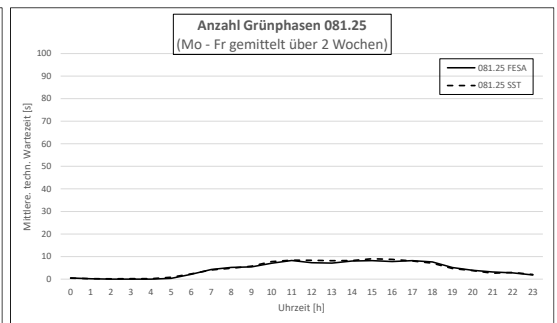
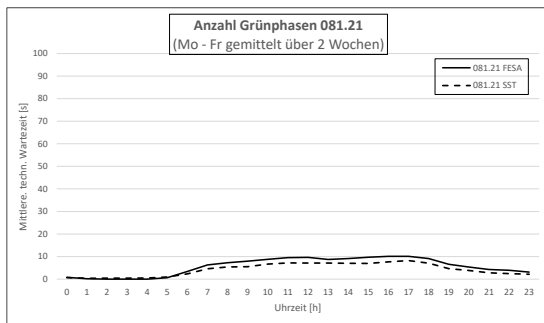
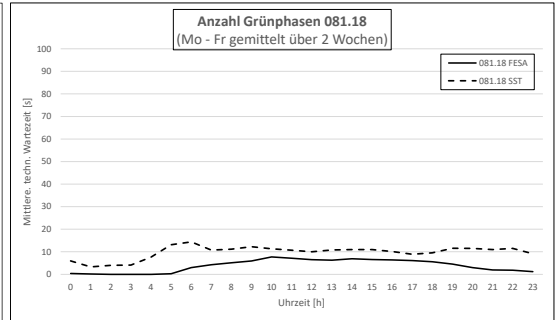
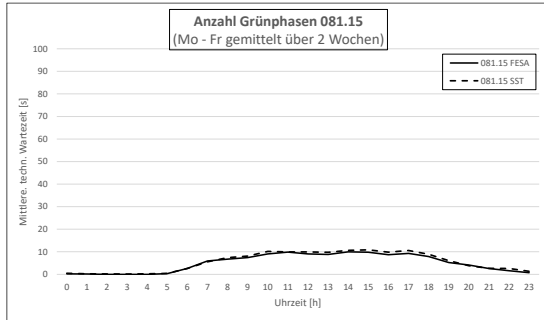
LSA.04 Anzahl Grünphasen

Knoten 270

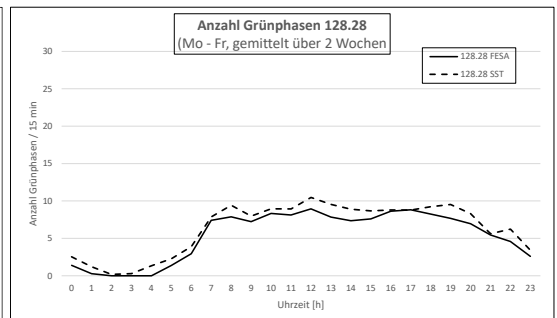
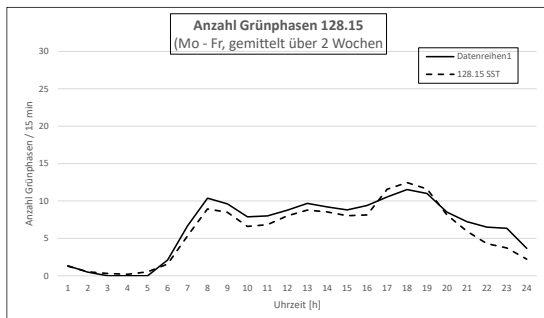
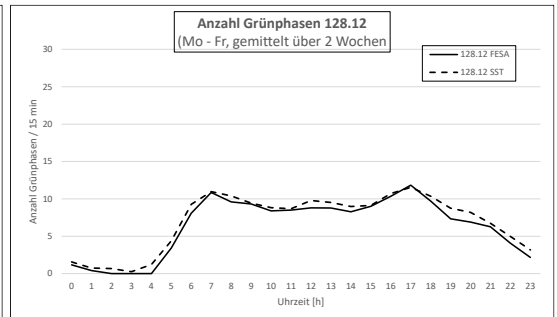
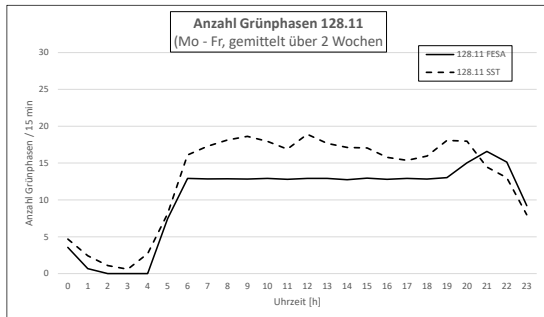


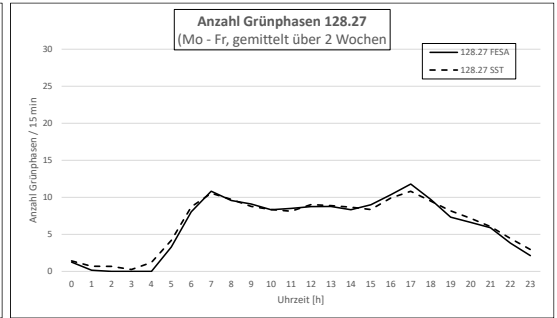
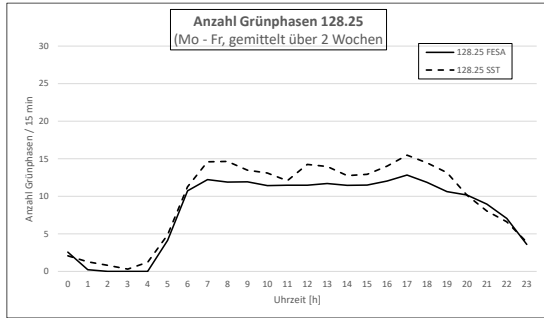
Knoten 081



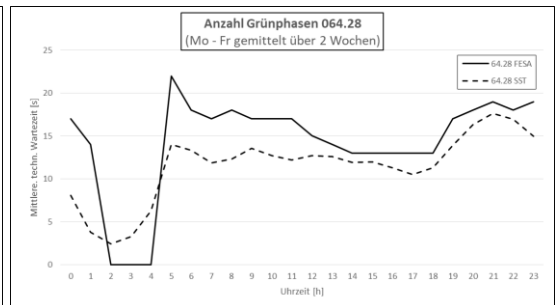
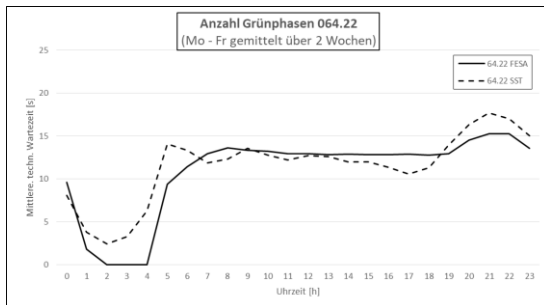
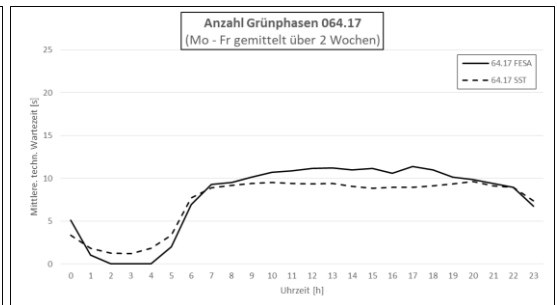
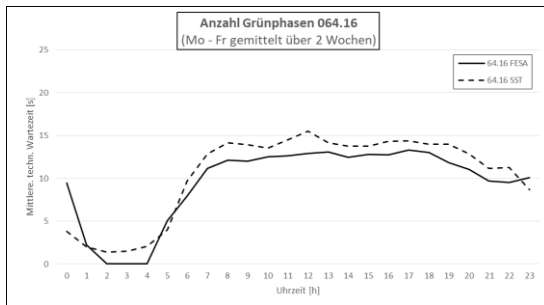
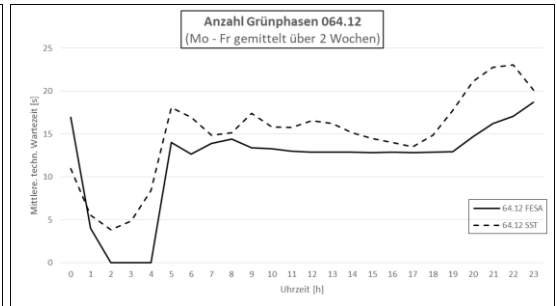
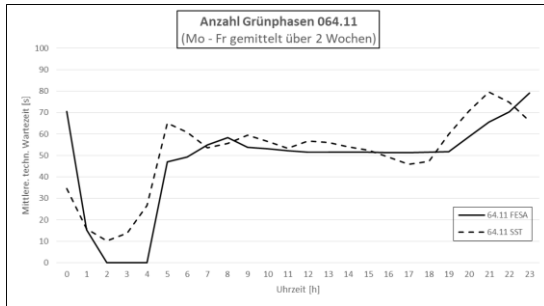


Knoten 128

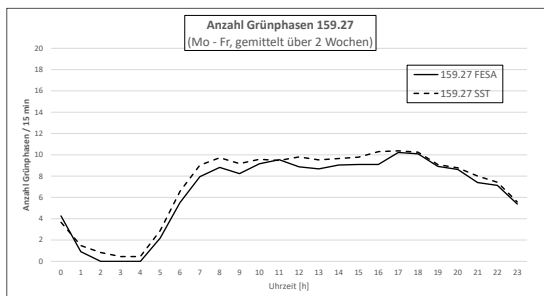
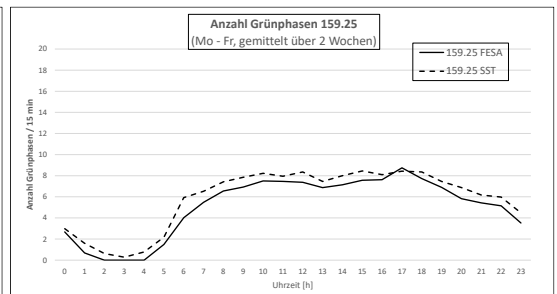
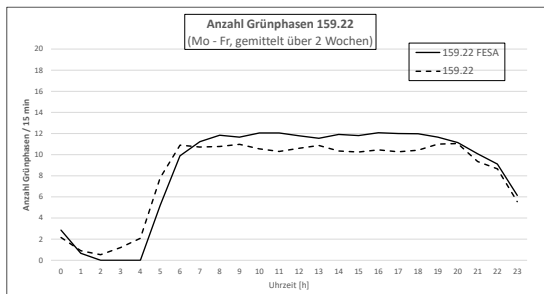
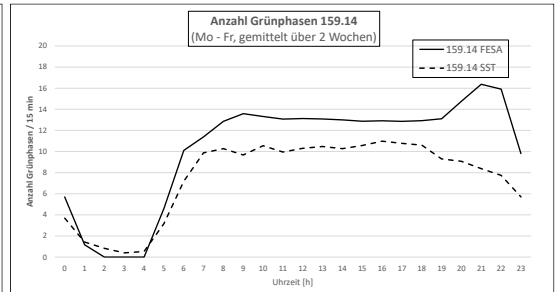
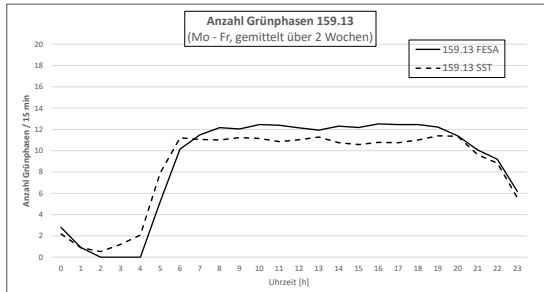
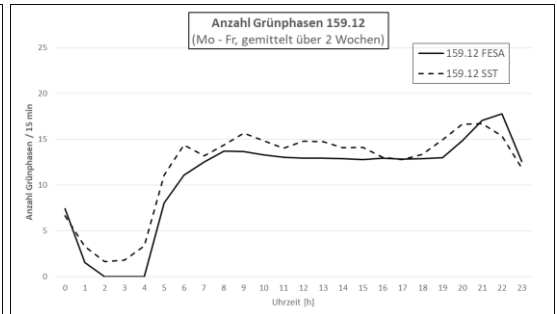
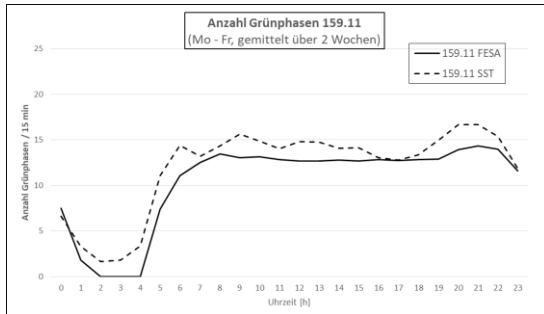




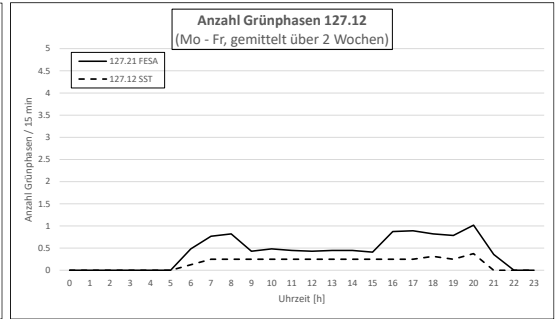
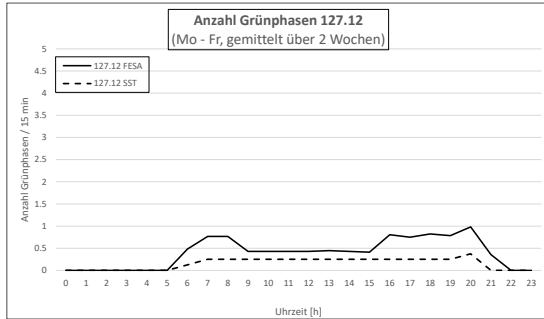
Knoten 64



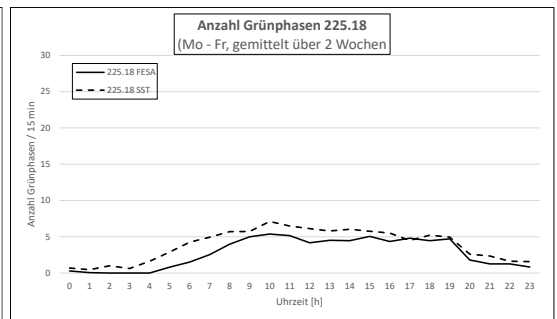
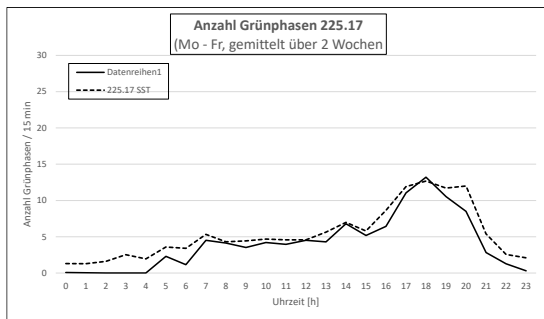
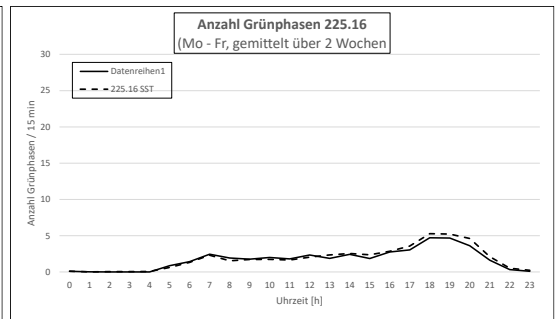
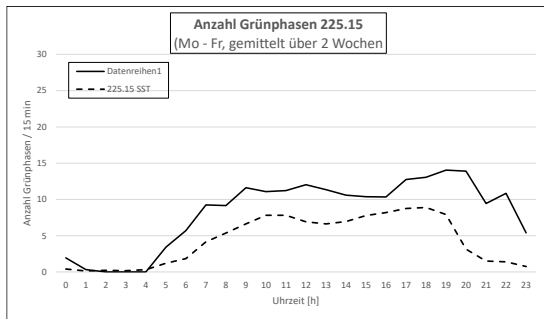
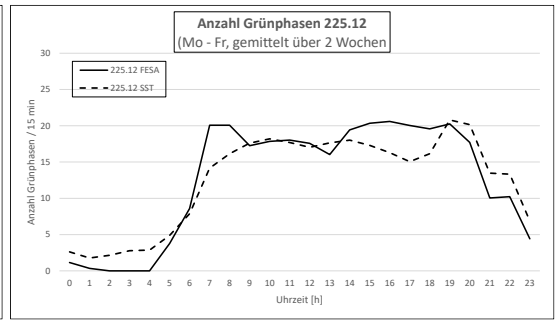
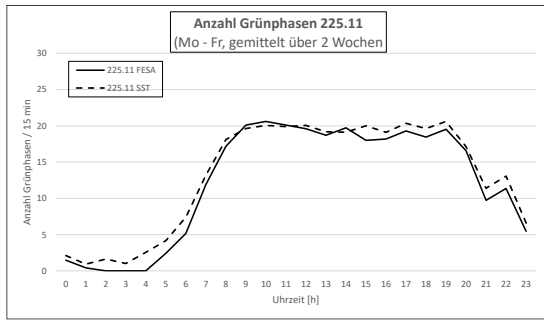
Knoten 159

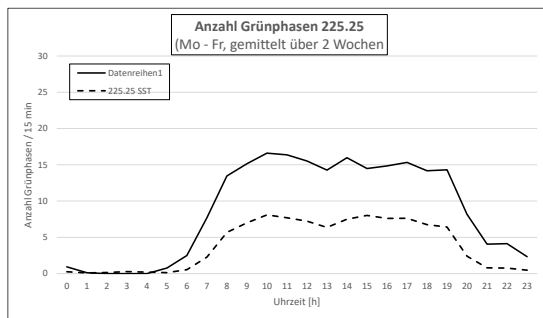
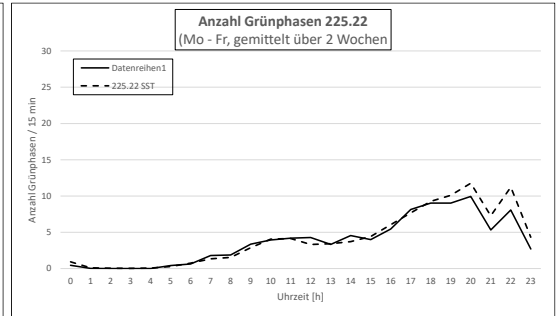
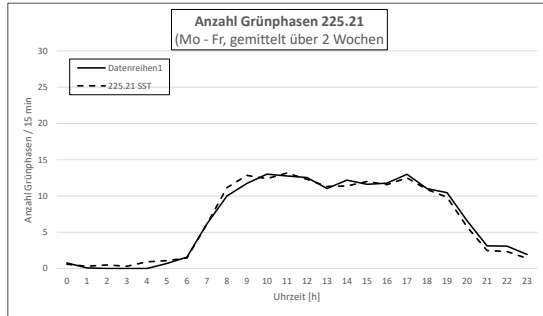


Knoten 127



Knoten 225

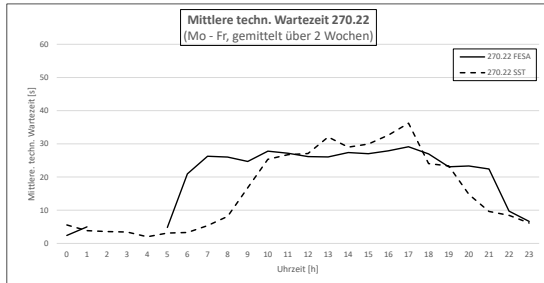
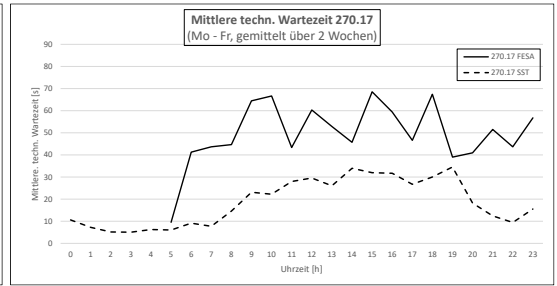
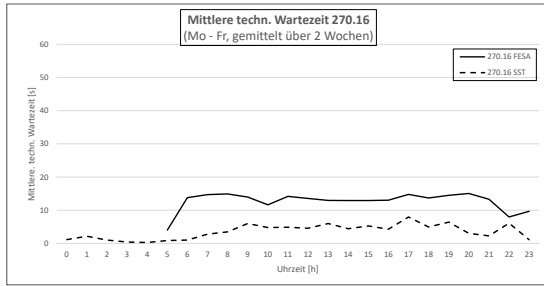
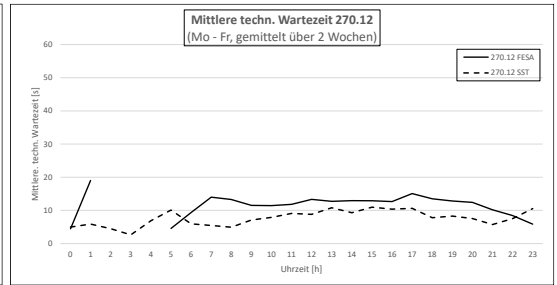
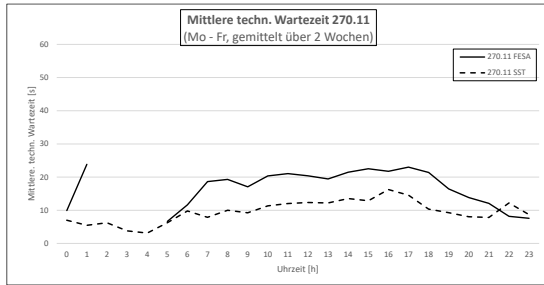




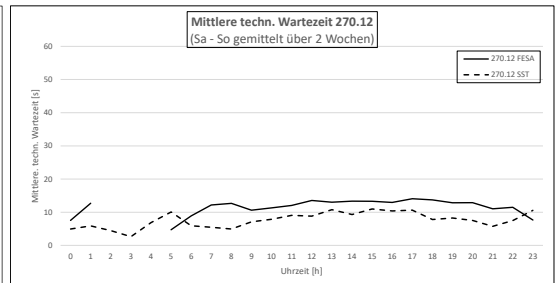
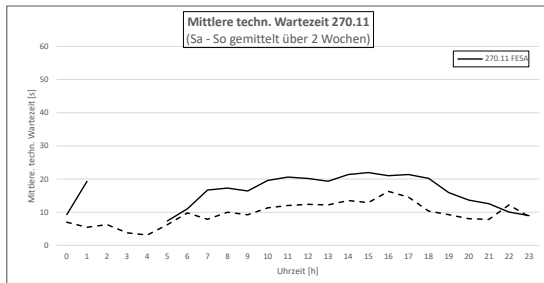
LSA.05 Technische Wartezeit

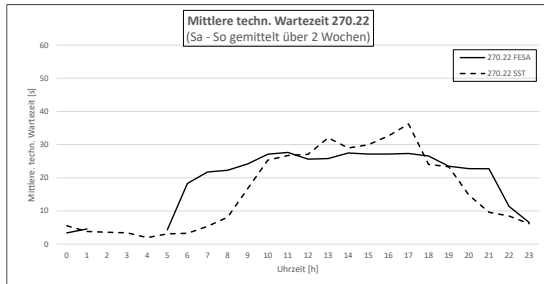
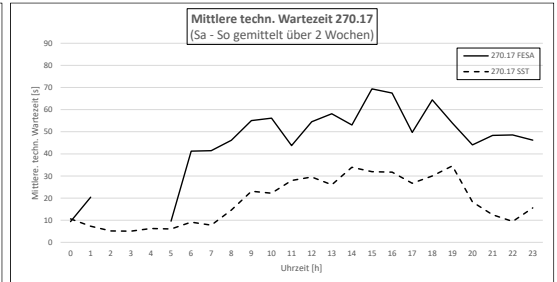
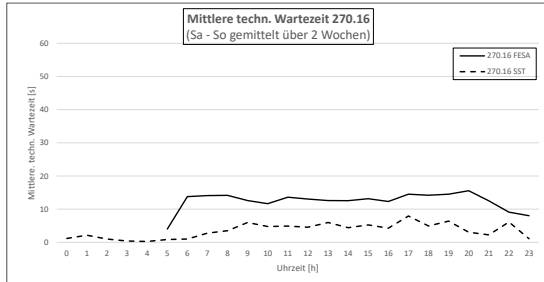
Knoten 270

Montag – Freitag



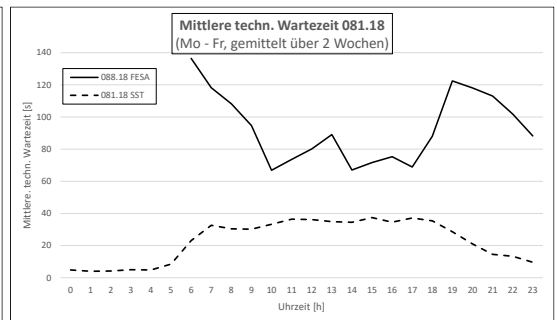
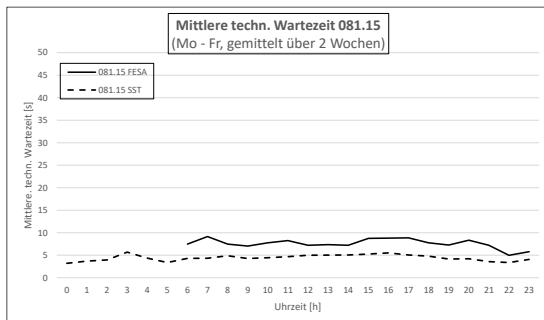
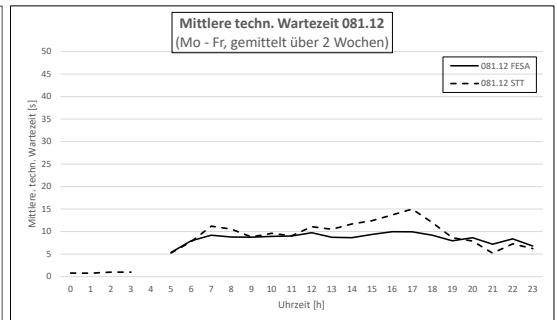
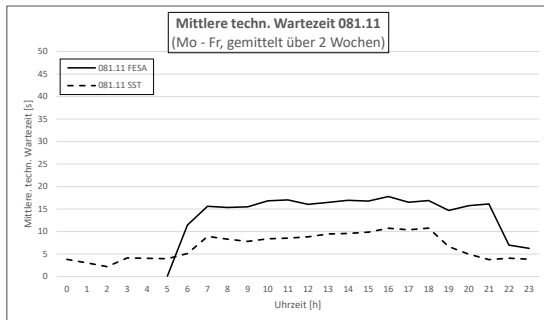
Samstag / Sonntag

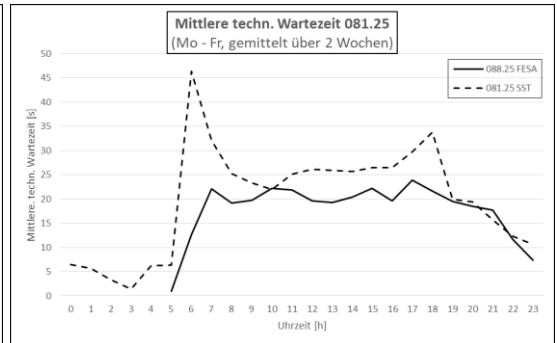
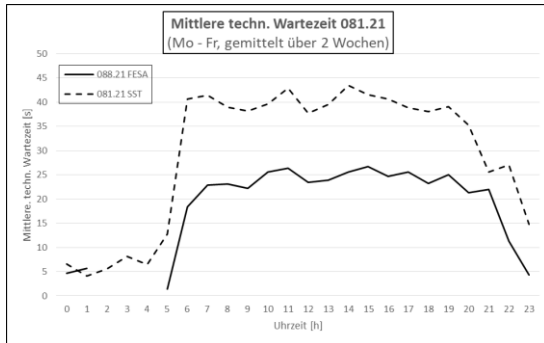




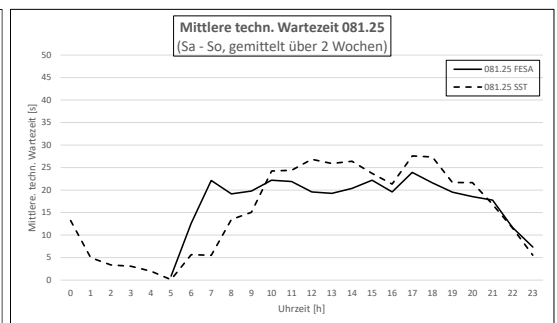
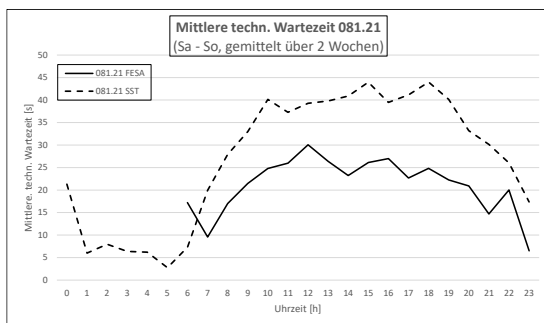
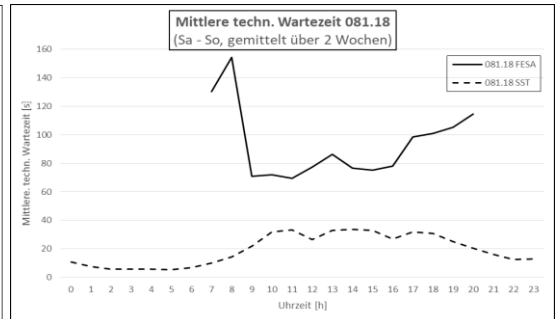
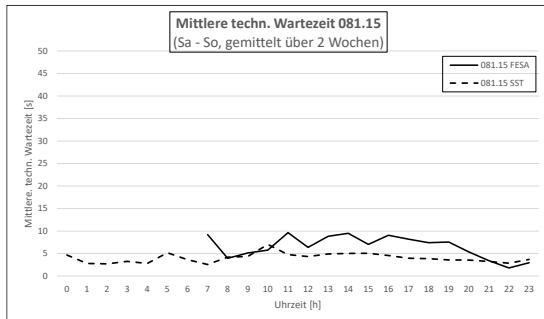
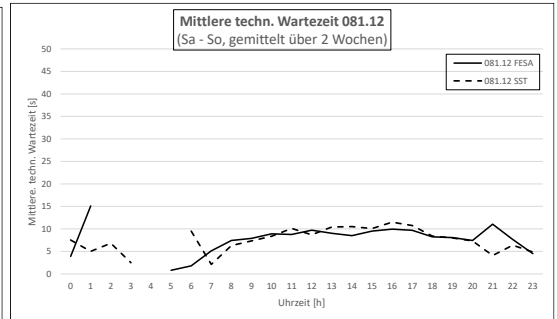
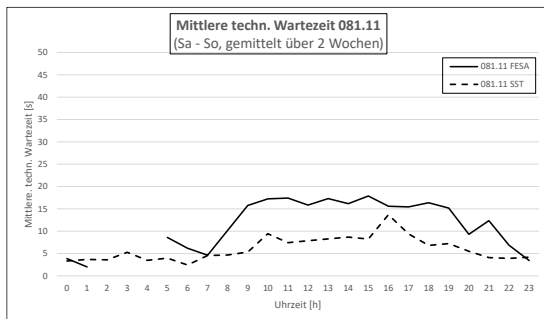
Knoten 081

Montag – Freitag



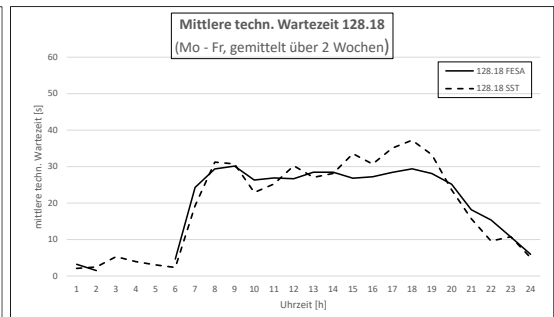
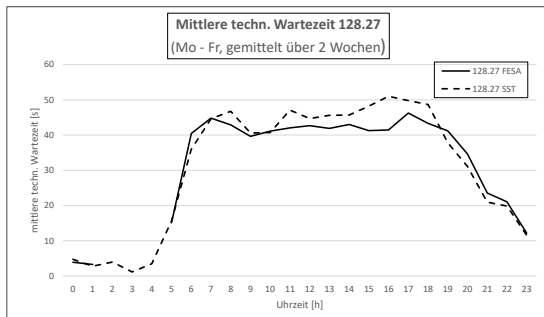
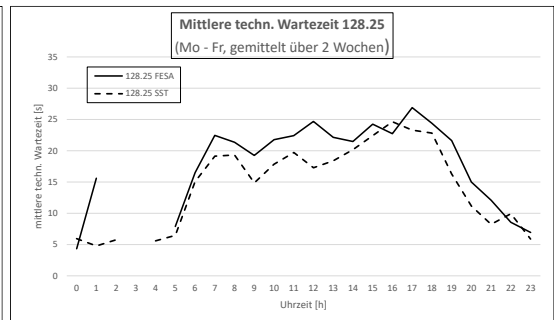
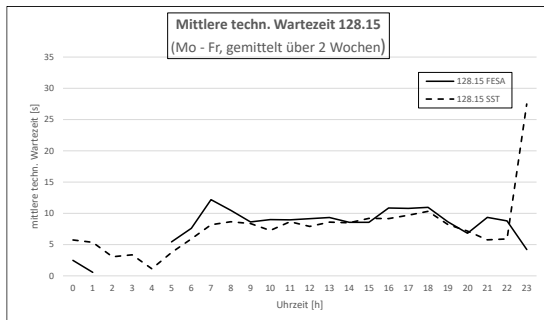
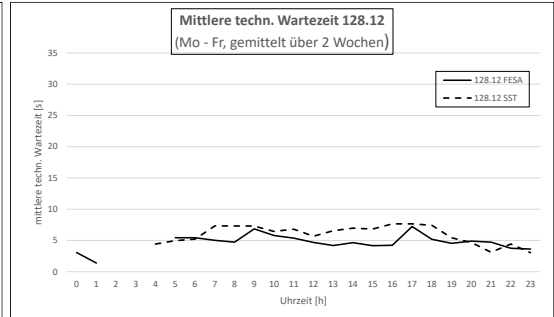
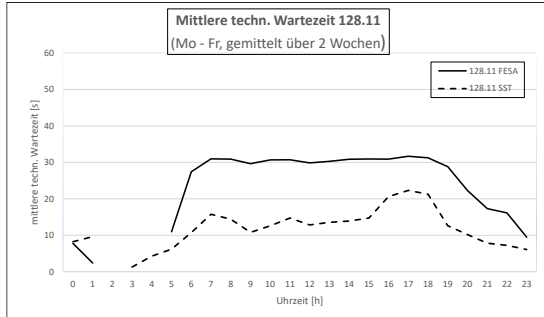


Samstag / Sonntag

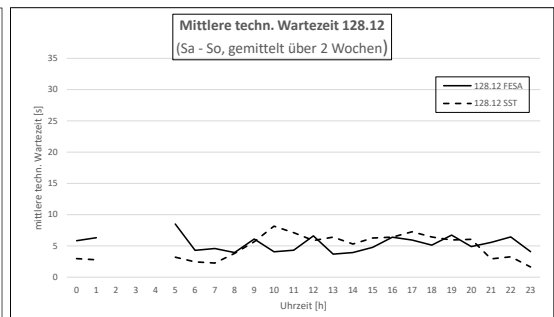
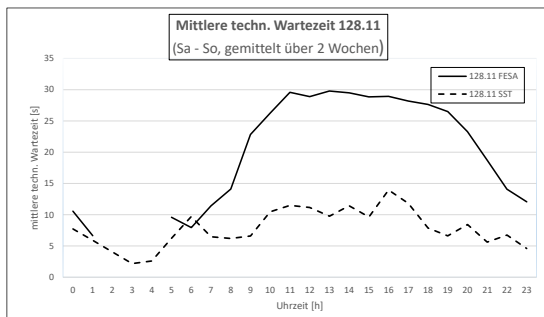


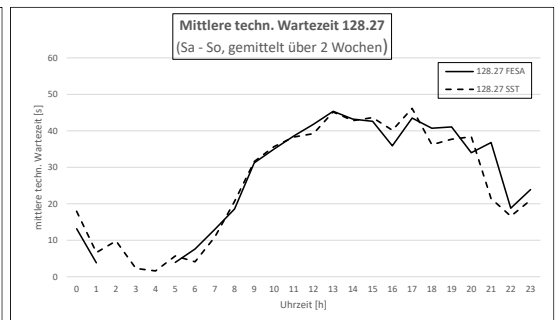
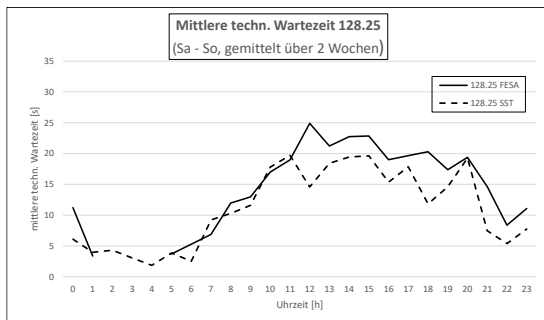
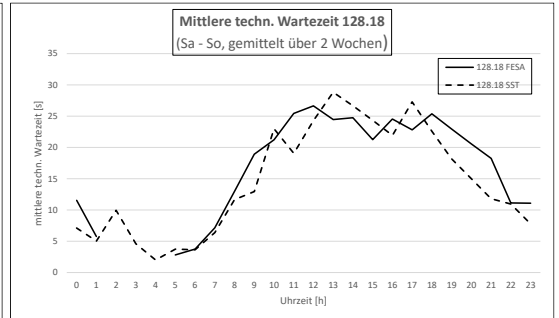
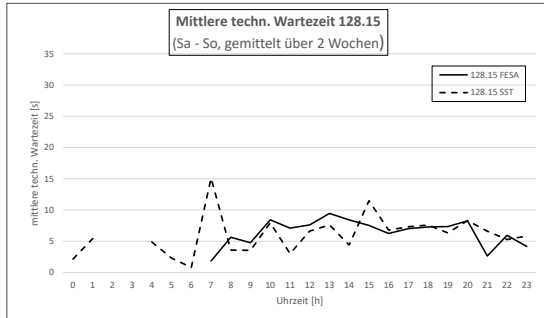
Knoten 128

Montag – Freitag



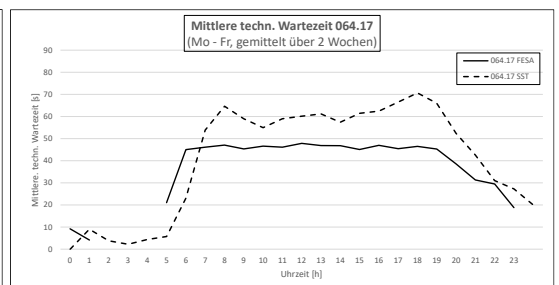
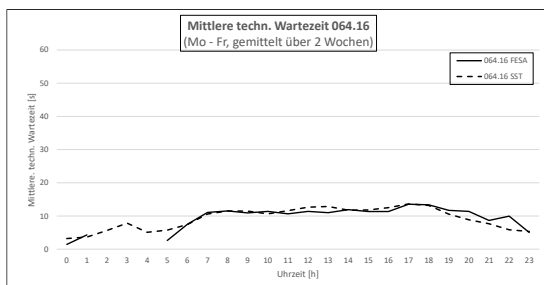
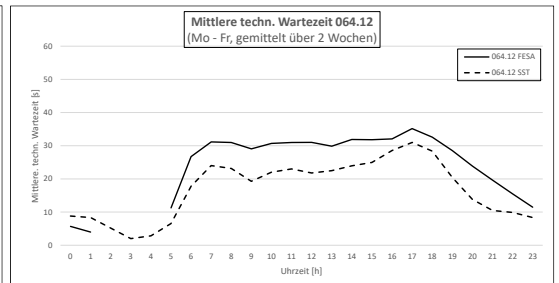
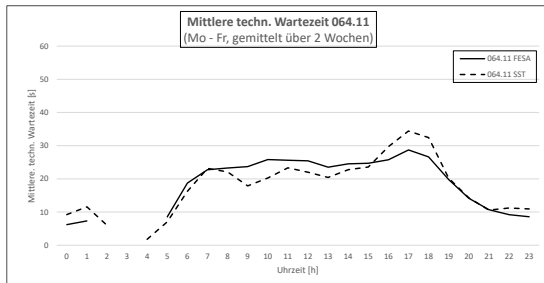
Samstag / Sonntag

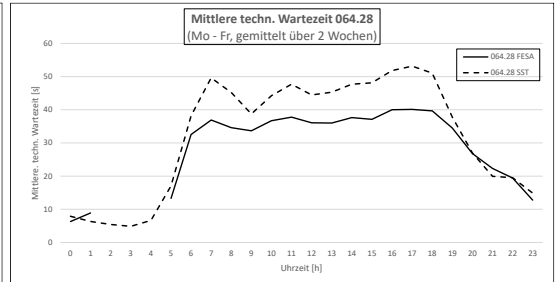
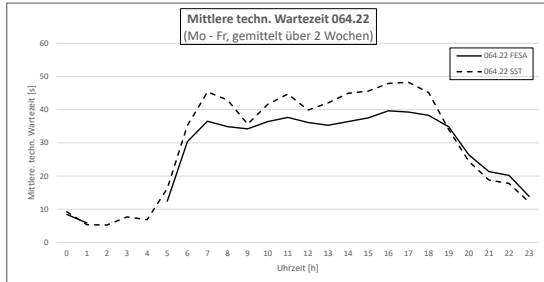




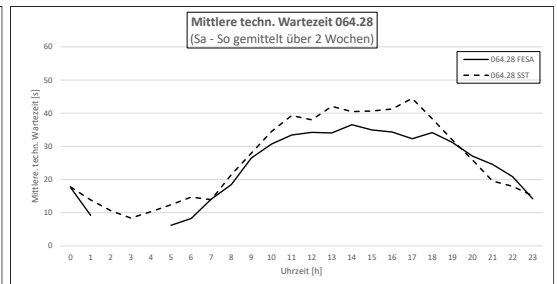
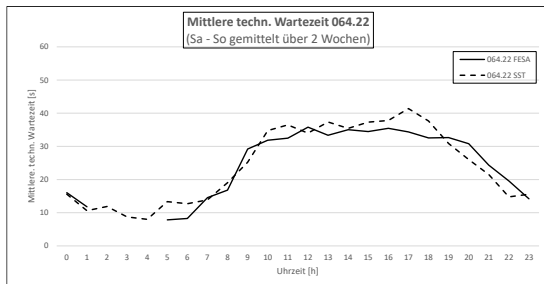
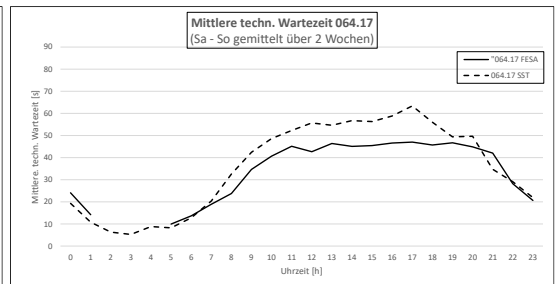
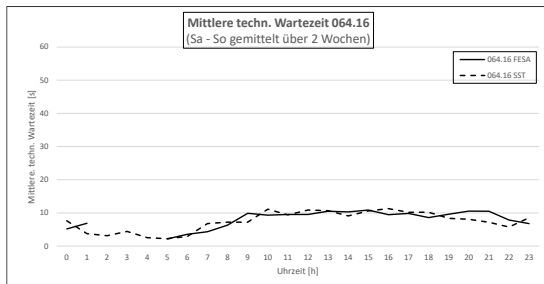
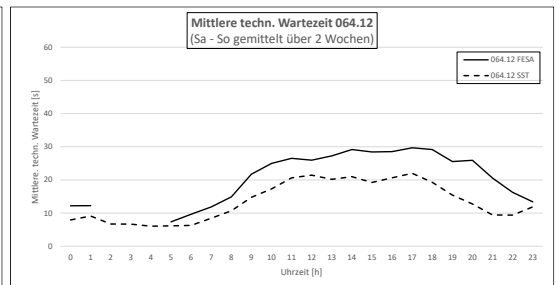
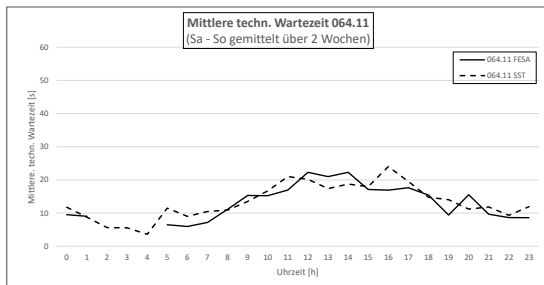
Knoten 064

Montag – Freitag



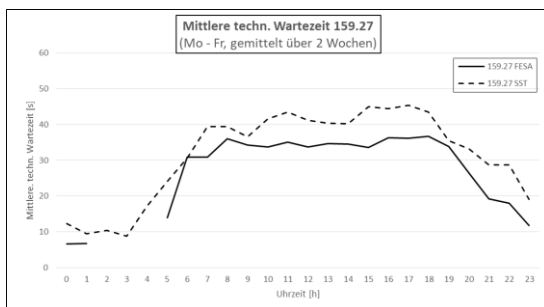
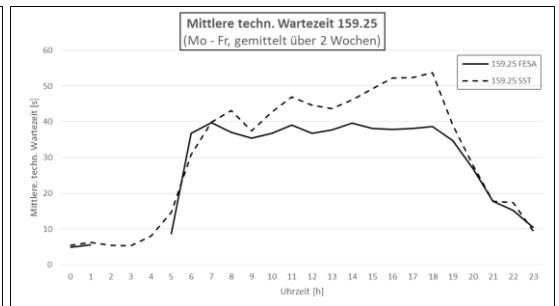
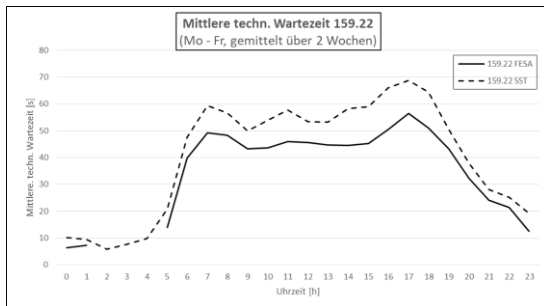
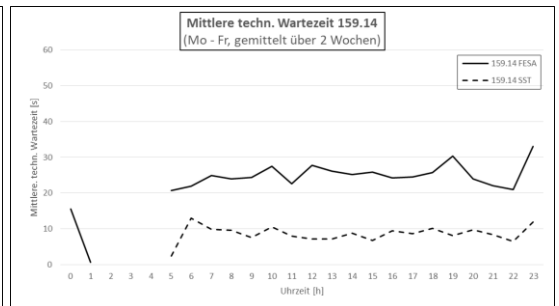
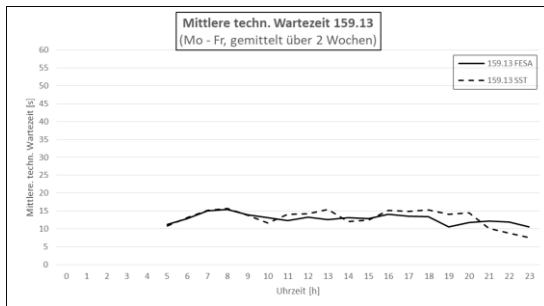
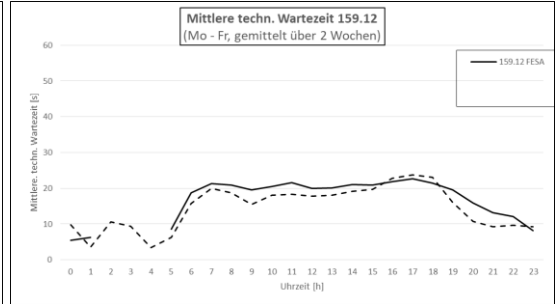
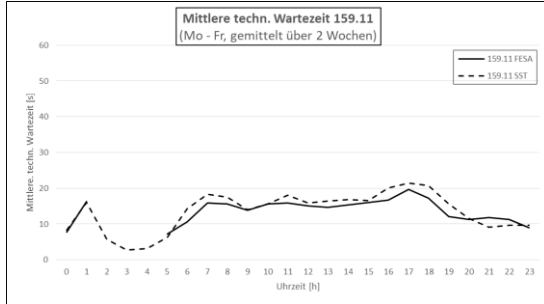


Samstag / Sonntag

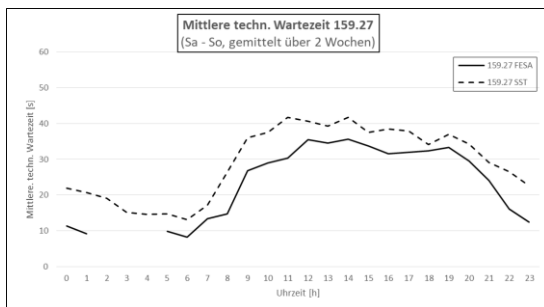
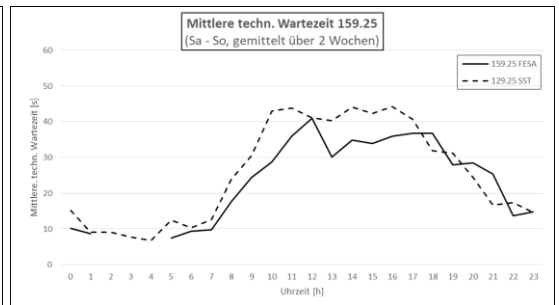
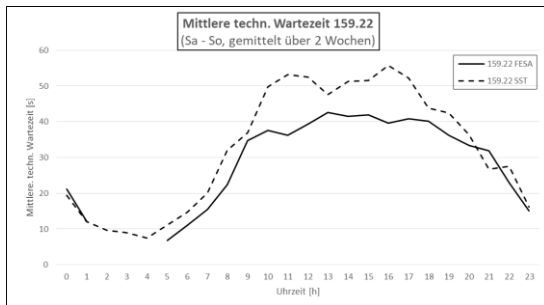
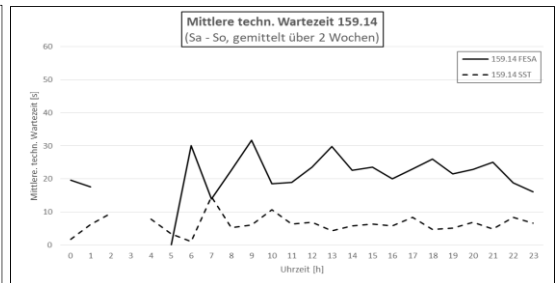
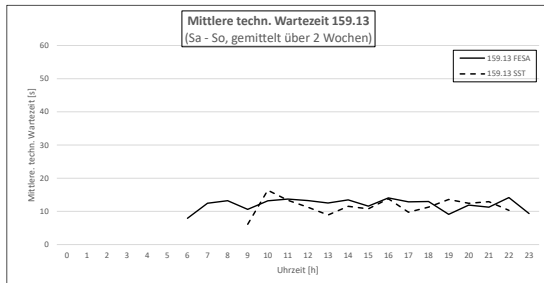
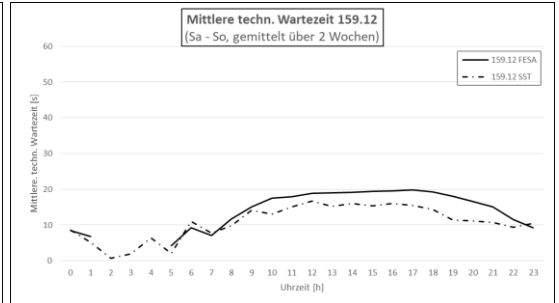
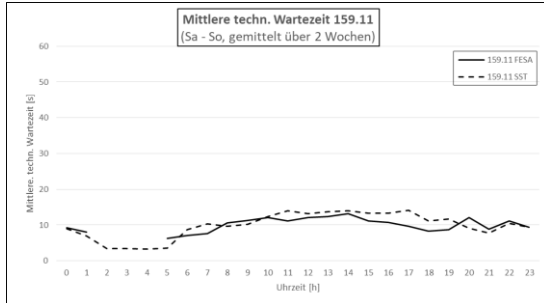


Knoten 159

Montag – Freitag

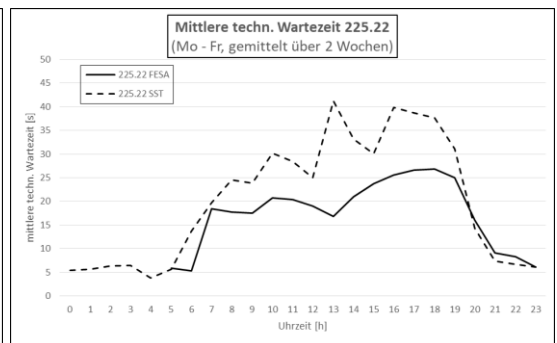
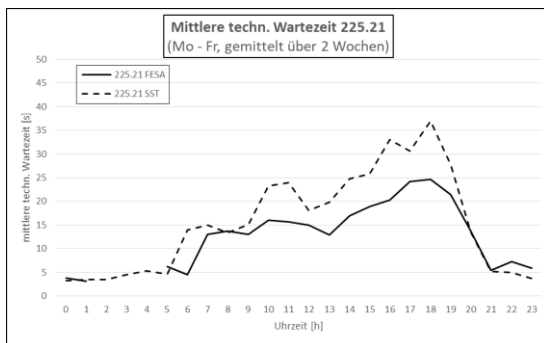
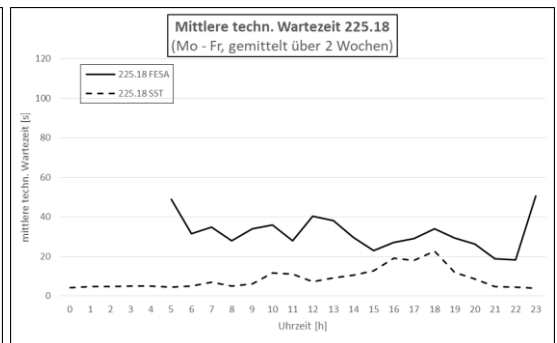
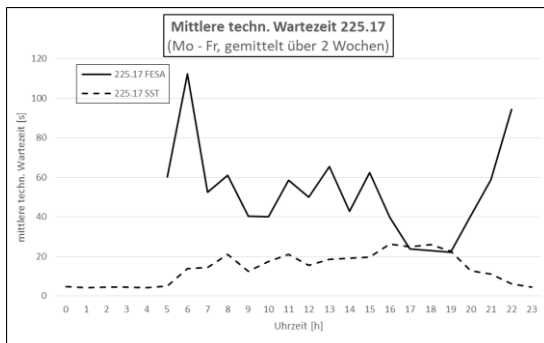
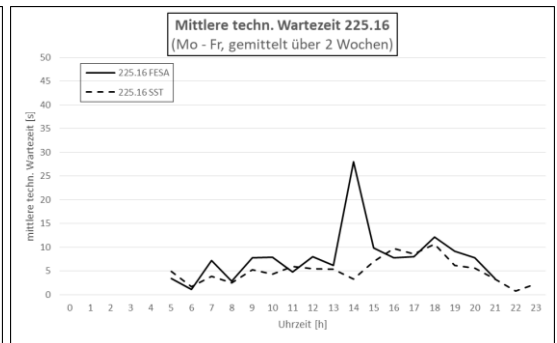
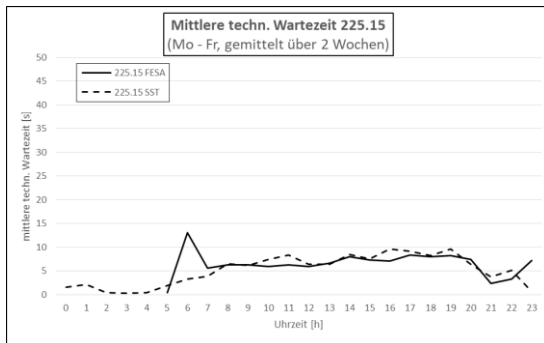
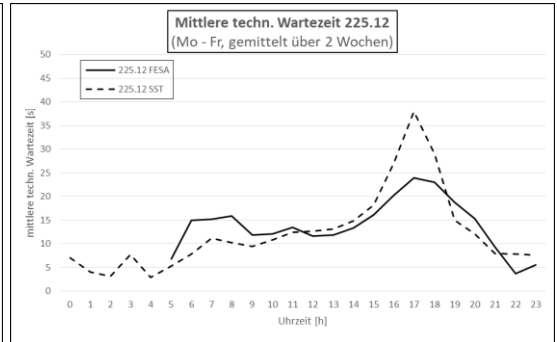
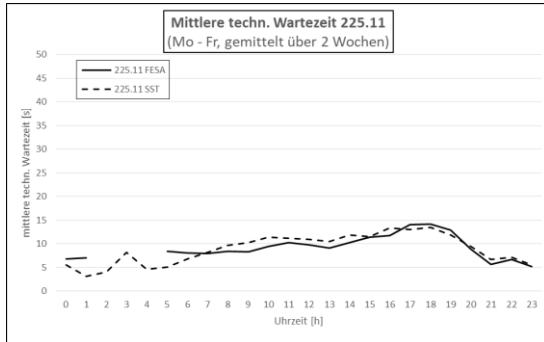


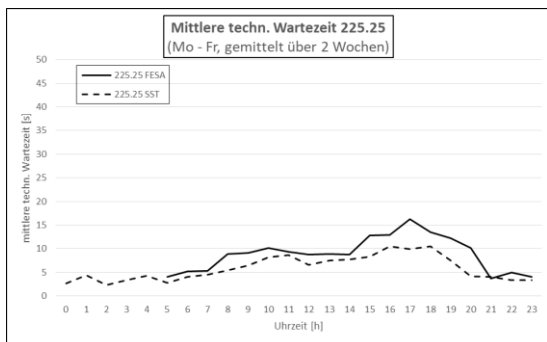
Samstag / Sonntag



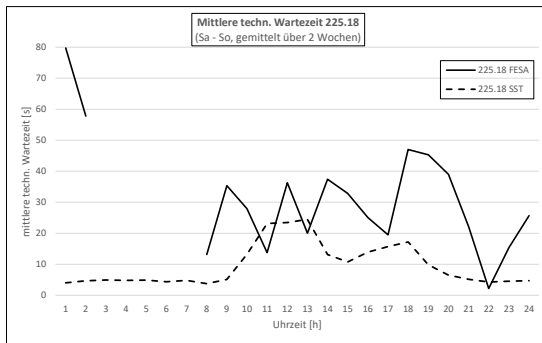
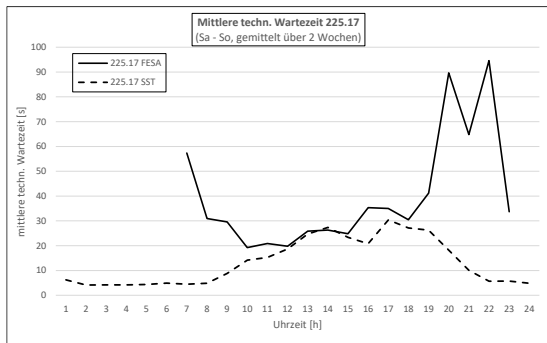
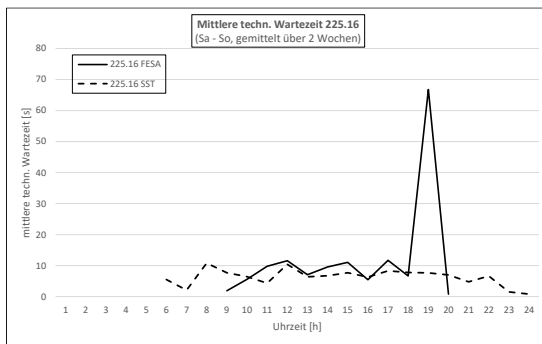
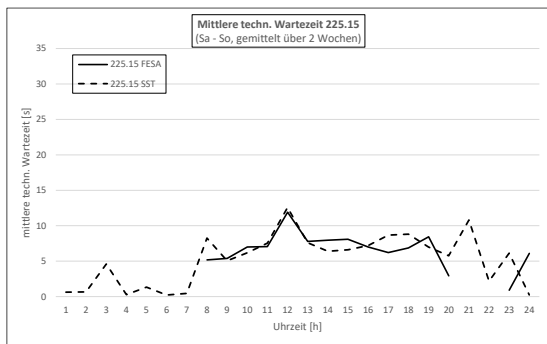
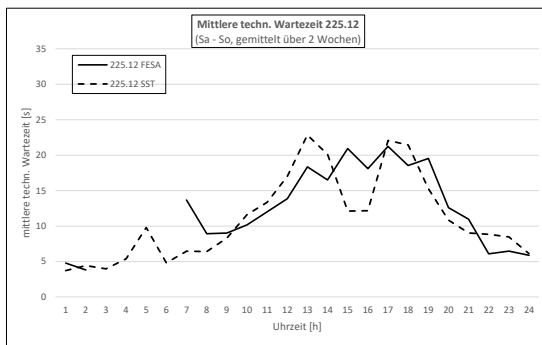
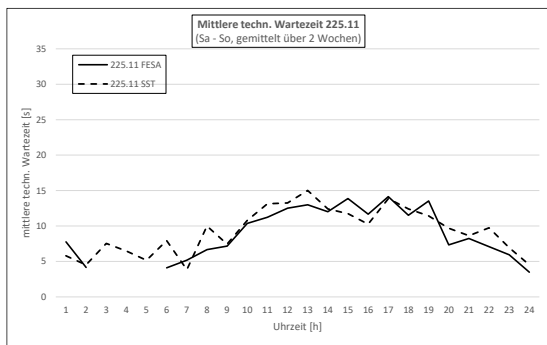
Knoten 225

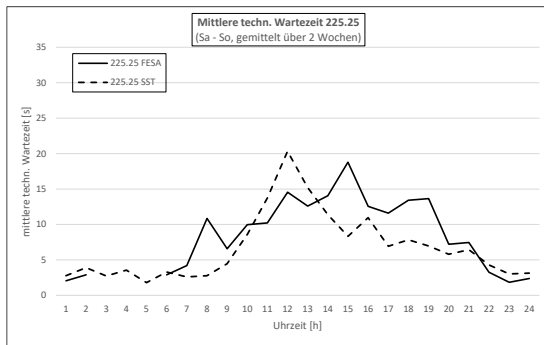
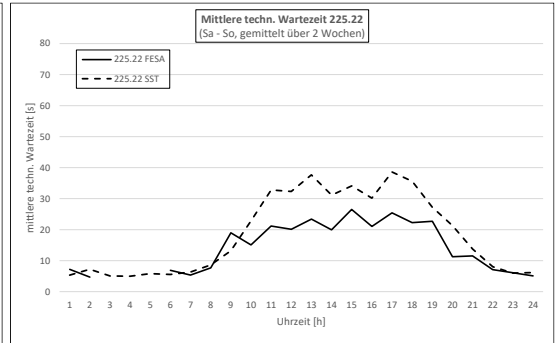
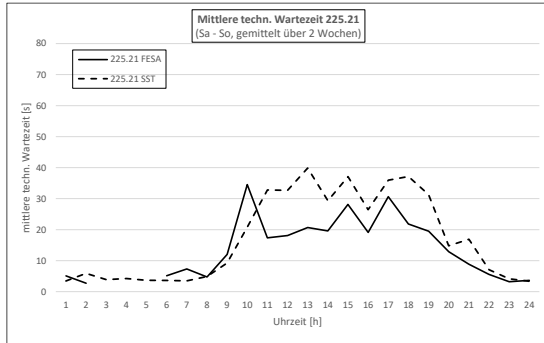
Montag – Freitag





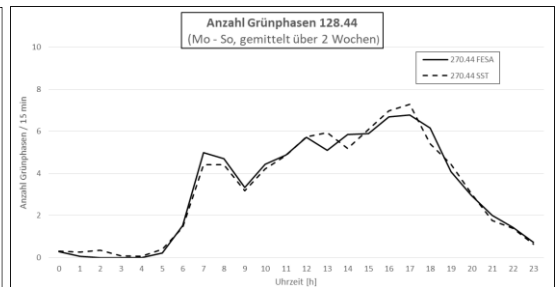
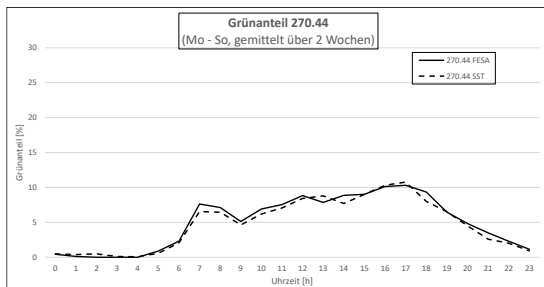
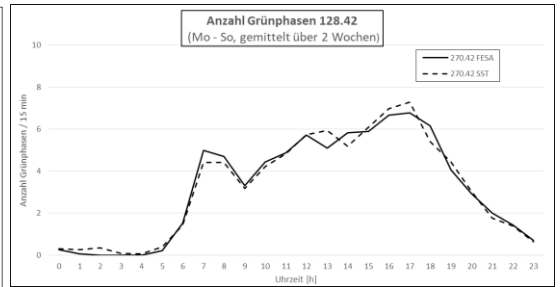
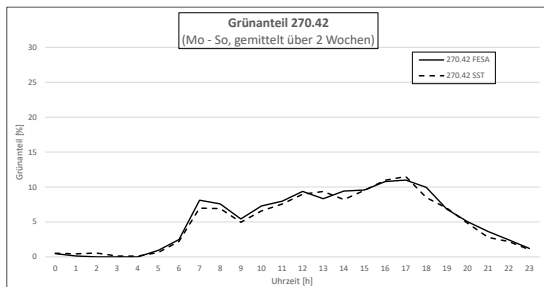
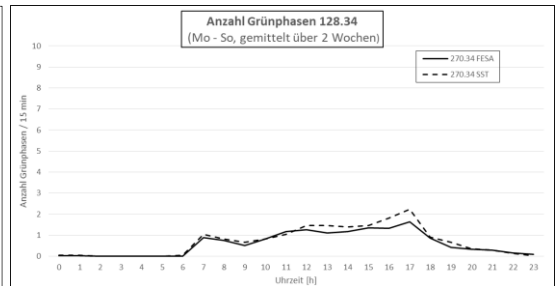
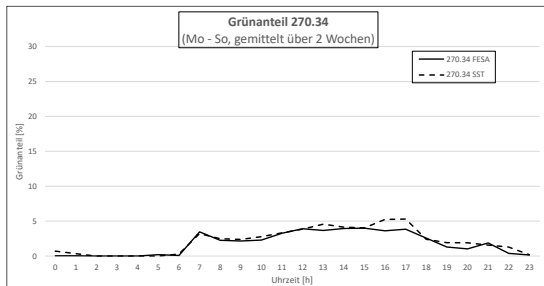
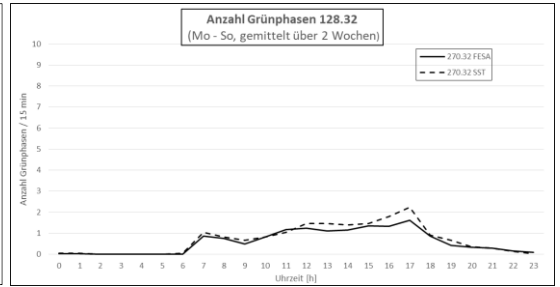
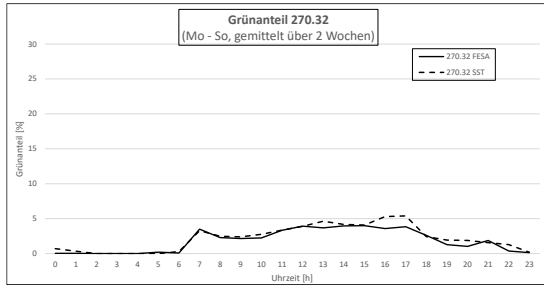
Samstag / Sonntag



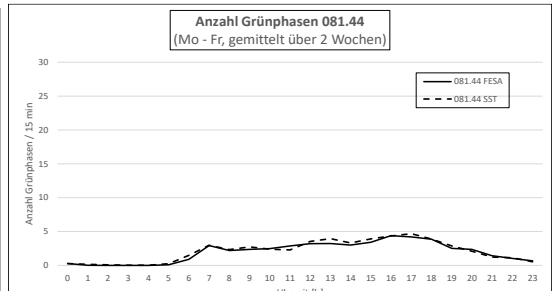
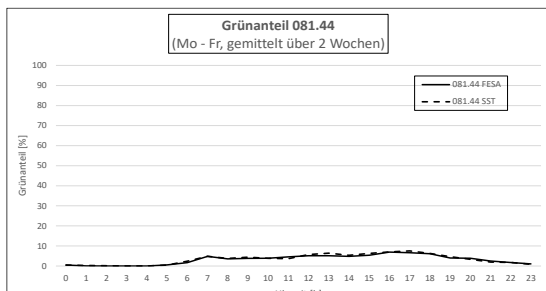
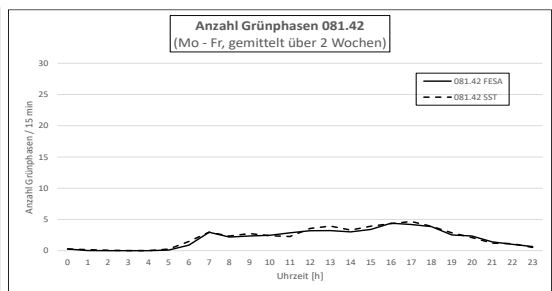
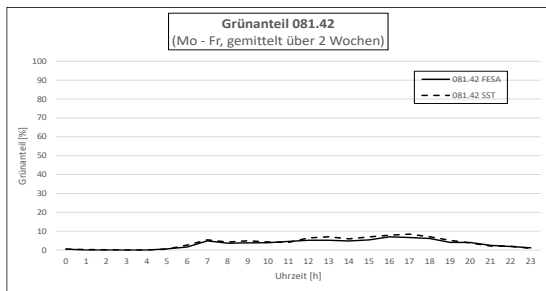
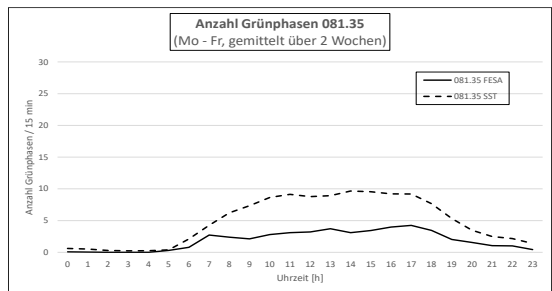
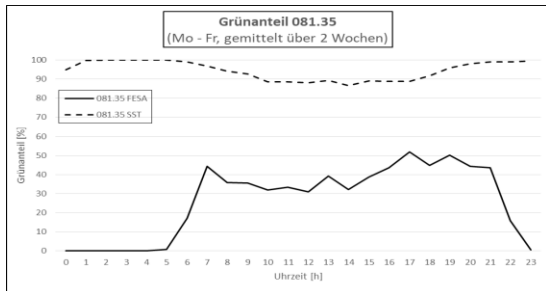
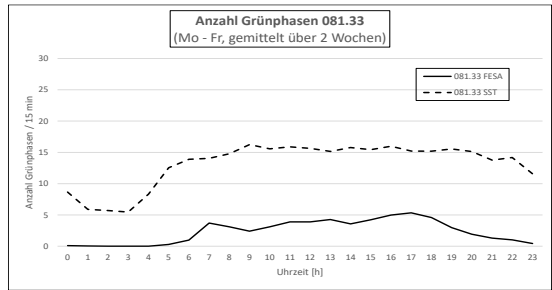
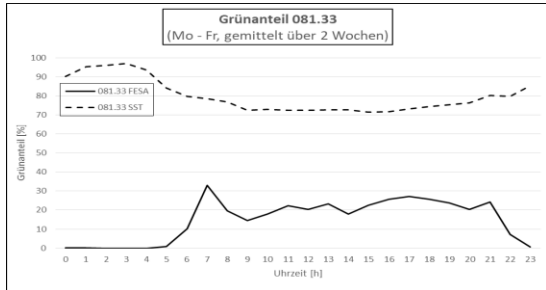
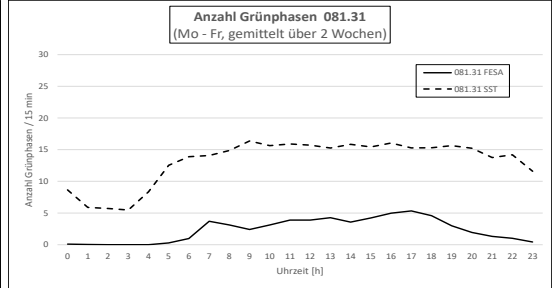
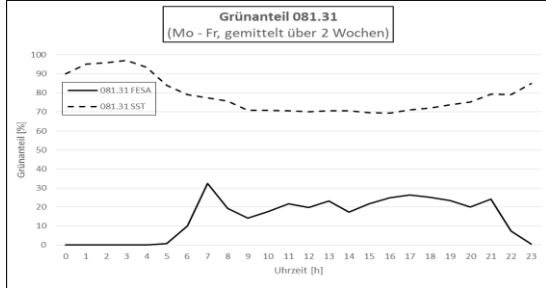


LSA.06 Grünanteil und Anzahl Grünphasen Fuss- und Veloverkehr

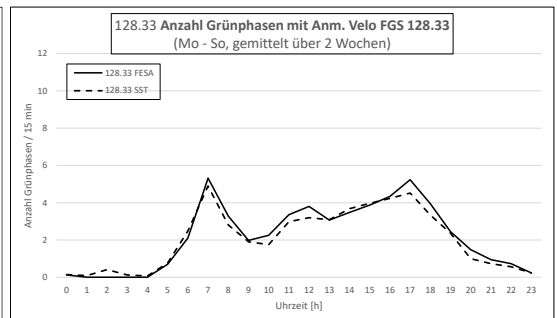
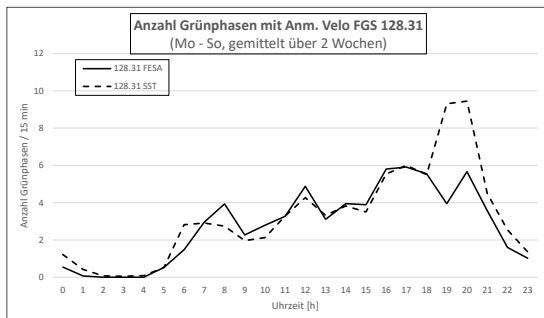
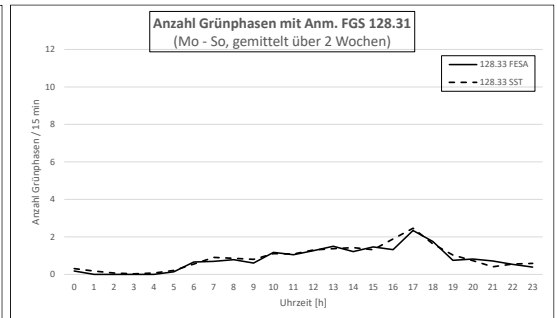
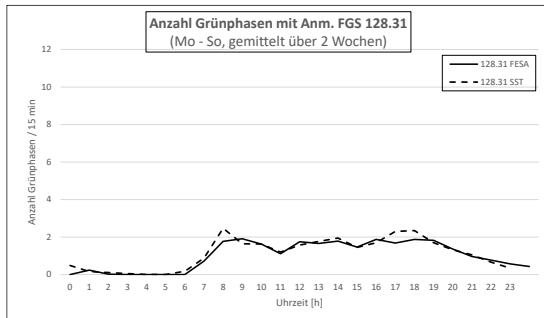
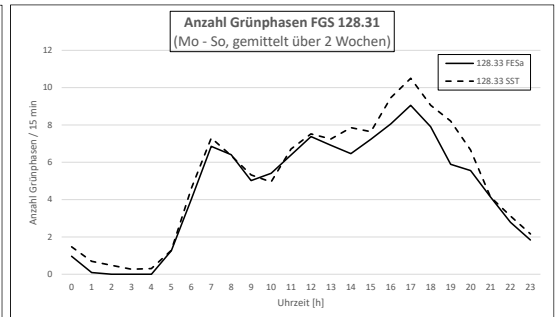
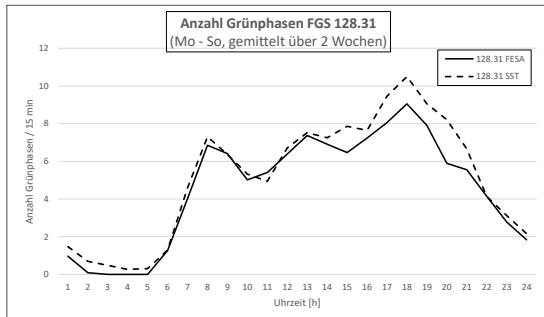
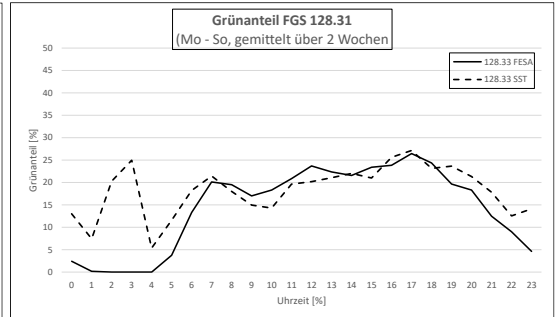
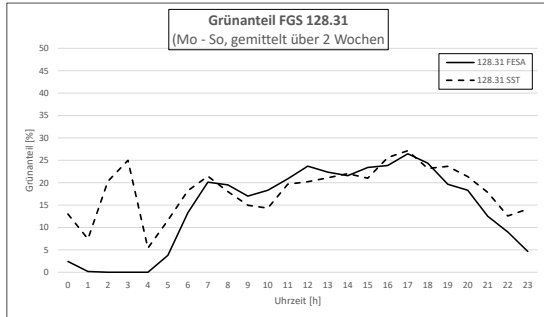
Knoten 270



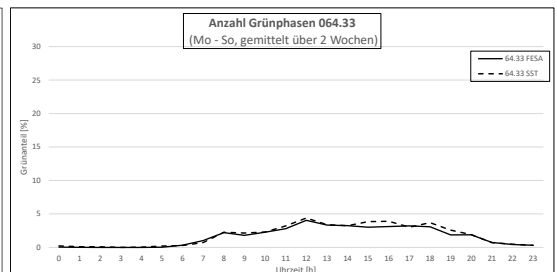
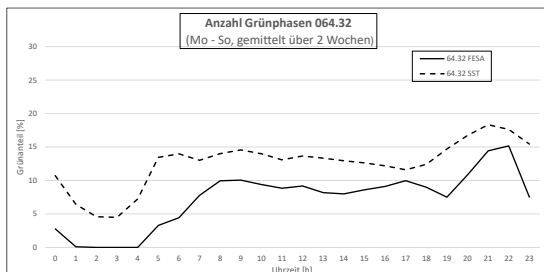
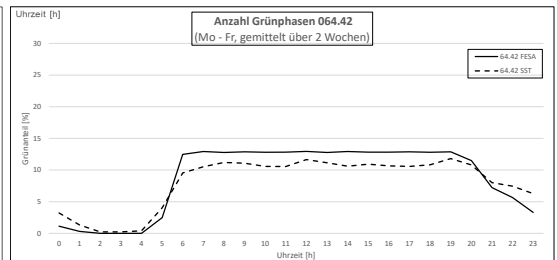
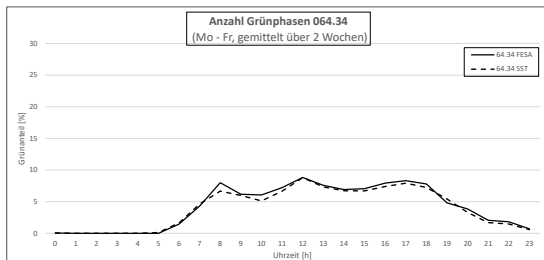
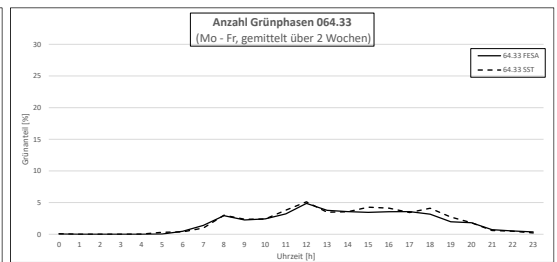
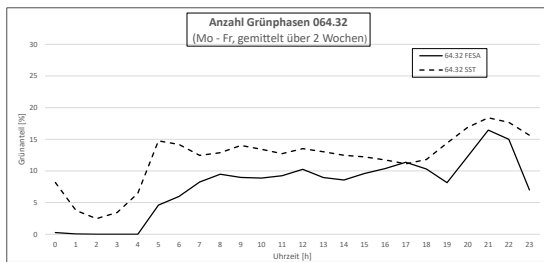
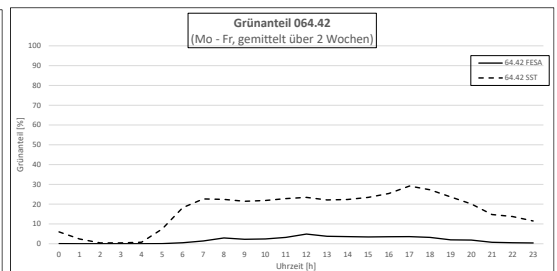
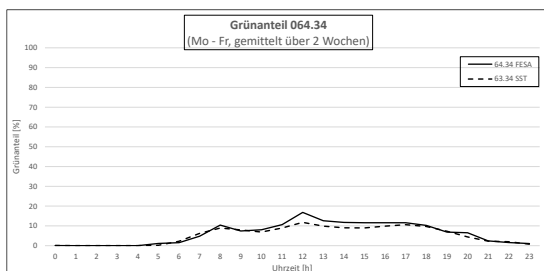
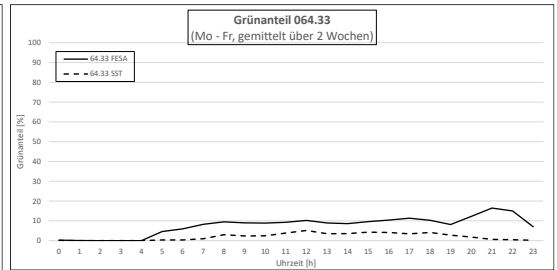
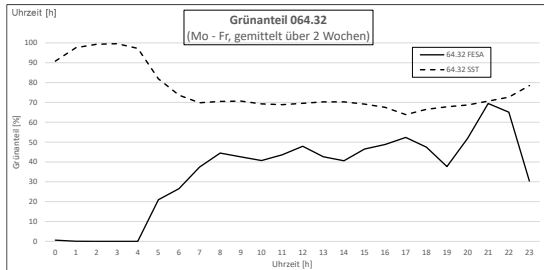
Knoten 081

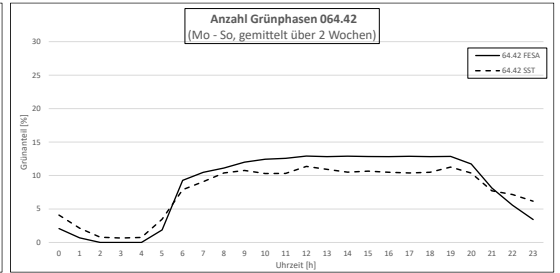
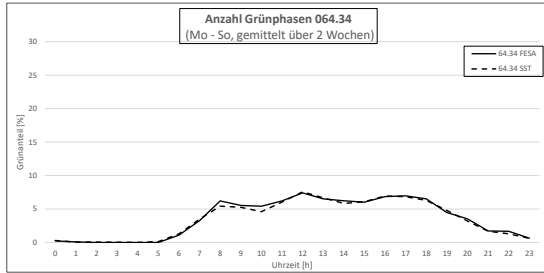


Knoten 128

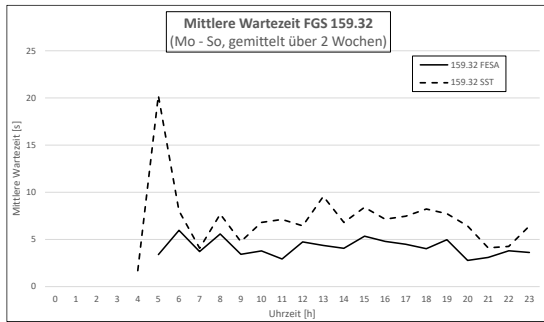
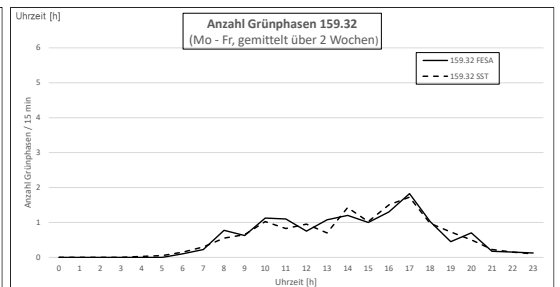
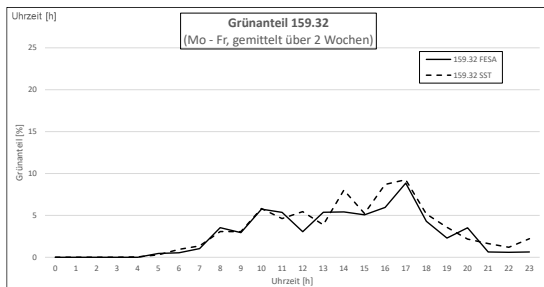


Knoten 064

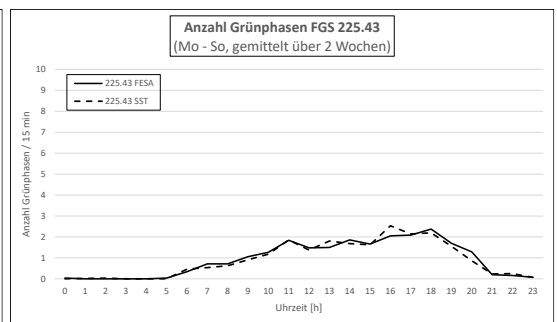
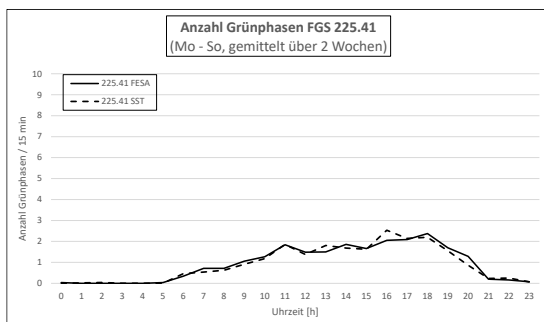
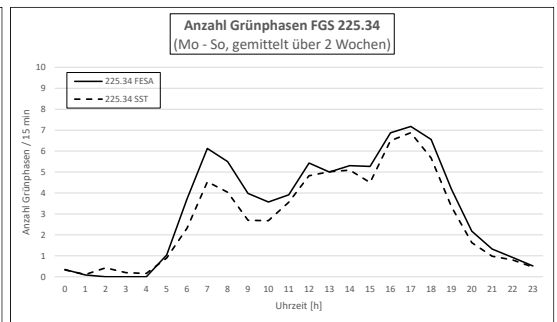
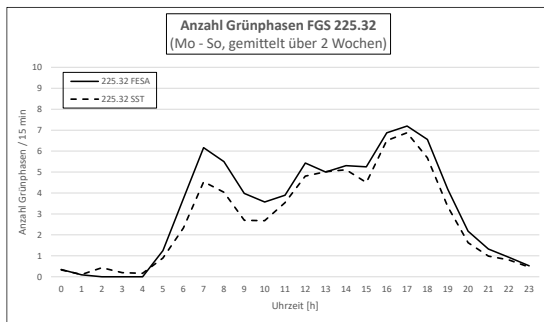
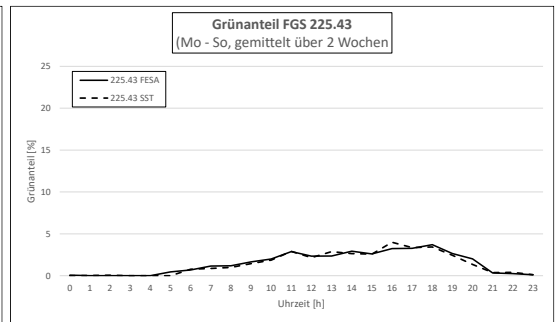
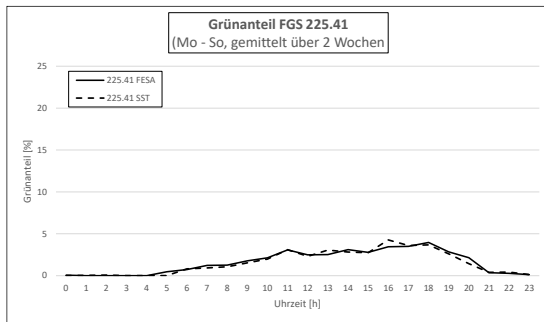
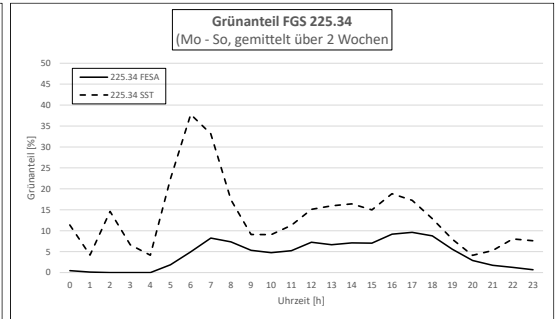
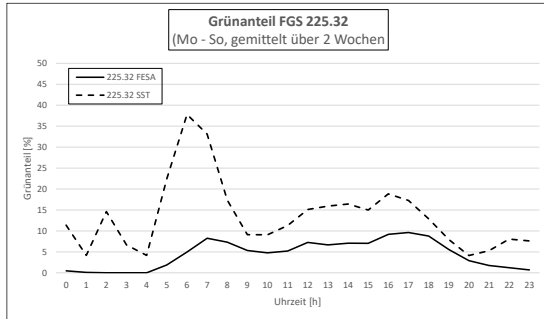


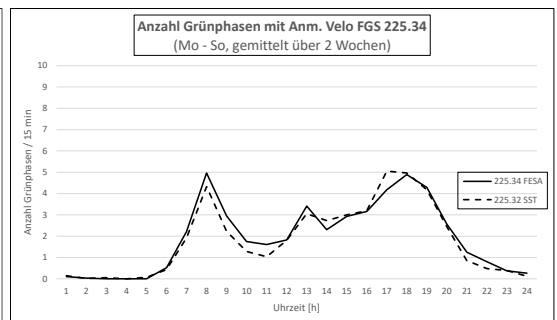
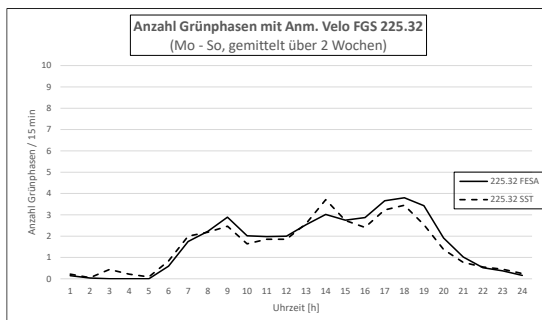
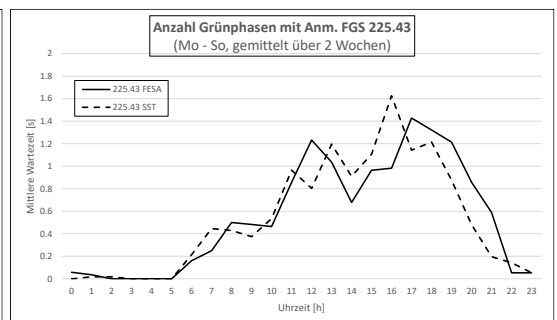
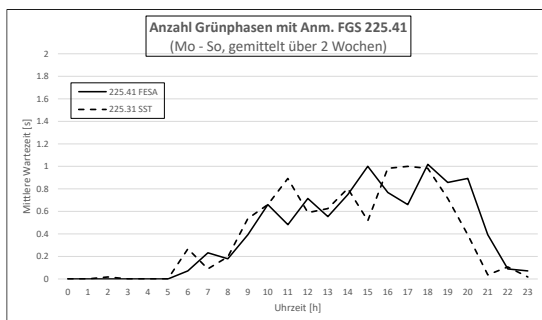
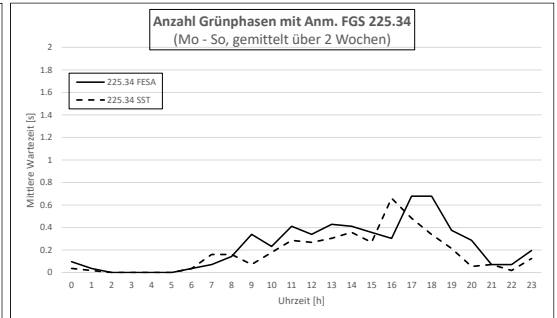
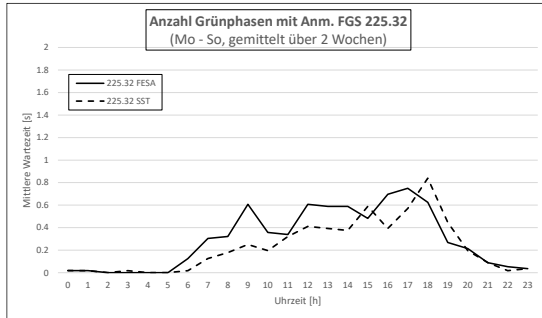


Knoten 159



Knoten 225





Koordination mit FESA und SST (Bericht ATC AG)

Adaptive Traffic Control AG

Untersuchungen zur Koordination in Wetzikon mit FESA und SST, 2021

Version 00-01-00 [142] / Stand vom 21.12.2021

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einführung	1
2	Messmethode	2
3	Die Achsen	3
4	Vergleich der Systeme	4
5	Interpretation von Berechnungen	10
6	Besprechung ausgewählter Situationen	11
7	Verlustzeiten und Halte pro Wochentag, West → Ost	16
8	Verlustzeiten und Halte pro Wochentag, Ost → West	18
9	Verlustzeitindex pro Wochentag, West → Ost	19
10	Verlustzeitindex pro Wochentag, Ost → West	22
11	Anzahl Halte im Detail, West → Ost	24
12	Anzahl Halte im Detail, Ost → West	25
13	Verlustzeiten im Detail, West → Ost	27
14	Verlustzeiten im Detail, Ost → West	29
15	Anzahl verfolgter Fahrzeuge	30
16	Verlustzeiten im Detail, West → Ost	31
17	Anzahl Halte im Detail, West → Ost	34

1 EINFÜHRUNG

Es ist ein schwieriges Unterfangen, zwei Steuerverfahren miteinander zu vergleichen. Wichtig ist, dass man Kenngrössen sichtbar macht. Und wichtig ist auch, dass man die unterschiedlichen Wirkungsweisen der beiden Steuerverfahren fühlen kann.

Kenngrössen haben wir schon viele sichtbar gemacht. In diesem Bericht sollen ein paar weitere Kenngrössen sichtbar gemacht werden, und zwar über die gesamte Achse durch Wetzikon hindurch, mit möglichst vielen Informationen über die einzelnen Abschnitte zwischen den LSA.

Als Kenngrössen werden die erwartete Anzahl **Halte** und die erwartete **Verlustzeit** sichtbar gemacht. Beides sind Kenngrössen, die man auch als Autofahrer fühlt oder auch als Beobachter am Strassenrand. Da während der Versuche auch solche Beobachtungen durchgeführt worden sind, sollten die Beobachtungen sich hier in den Zahlen wiederfinden können.

Anhand ausgewählter Beispiele soll dem Leser das Verhalten der beiden Verfahren näher gebracht werden, damit er die Unterschiede besser verstehen kann.

2 MESSMETHODE

Als Auswerteprogramm wird pCoq verwendet. pCoq verfügt über Algorithmen, mit welchen Fahrzeuge einzeln verfolgt werden können. Dazu braucht es im Grundsatz einen Detektor am Anfang des zu beobachtenden Segments und einen am Ende. Üblicherweise sollte dort auch eine Signalgruppe sein. Das Prinzip basiert auf dem Ein- und Auszählen von Fahrzeugen sowie auf der Korrektur von Messfehlern durch die Verfolgung von Fahrzeugpuls, welche sich dank charakteristischer Fahrzeugfolgemuster auf beiden Detektoren erkennen lassen.

Nebst der Präsenz einer Signalgruppe bei der Ausfahrt sollten auch weder Spurverdoppelungen oder Spurverengungen vorliegen. Ebenso sollte ein gewisser minimaler Verkehrsfluss nicht unterschritten werden, damit Detektionsfehler nicht über längere Zeit im Algorithmus stehen bleiben, sondern durch Folgefahrzeuge korrigiert werden können. In Randstunden sollten die Messungen von Hand plausibilisiert werden.

Leider sind in Wetzikon einiger dieser «sollte»-Punkte nicht erfüllt. Je mehr «sollte»-Punkte nicht erfüllt sind, umso schwieriger kann die Parametrierung der Segmente werden bis hin zur Feststellung, dass sich ein Segment nicht zur Beobachtung eignet. Im vorliegenden Projekt möchten wir ein Maximum an Segmenten zur Beobachtung verwenden können, so dass es sich lohnt, etwas Aufwand in die Parametrierung und Plausibilisierung aller Segmente zu stecken, auch solcher, die sich gemäss Benutzeranleitung nicht für eine Auswertung mit pCoq eignen würden. So erhalten wir ein anschauliches Gesamtbild des Verkehrsablaufes.

Im Fall von Spurverdoppelungen verfolgt pCoq sie Fahrzeuge bis hinter die Haltelinien aller Fahrspuren, dessen Verkehr vom ersten Detektor erkannt worden sind. Die Resultate stellen somit eine Mischung aller Verlustzeiten und Halte des Verkehrs in eine Richtung dar, wobei nicht unterschieden werden kann, ob der Verkehr auf der Hauptachse geblieben ist oder abgebogen ist.

Nicht alle Fahrzeuge können verfolgt werden. Dazu ist die Detektionsqualität nicht ausreichend, vor allem auch, weil nur die Detektoren vor und nach der Haltelinie Fahrzeuge korrekt zählen können. Staudetektoren können vor allem bei Stau Fahrzeuge nicht mehr korrekt voneinander trennen. Da jedoch die Staudetektoren die interessantesten für unsere Betrachtungen sind, da sie am weitesten von der Haltelinie entfernt liegen, haben wir in Kauf genommen, dass durchschnittlich nur etwa die Hälfte der Fahrzeuge hat verfolgt werden können.

Gegen folgende Prinzipien der Algorithmen verstossen wir also bewusst:

- Nur kurze Detektoren verwenden: wir verwenden Staudetektoren zum Einzählen
- Keine Spurverdoppelungen: der Staudetektor liegt häufig vor der Spurverdoppelung
- Nicht in Zeiten mit wenig Verkehr messen, vor allem, wenn man schon gegen andere Prinzipien verstösst

Fahrzeuge über die gesamte Achse zu verfolgen ist nicht möglich. Die Fahrzeuge können nur auf den Segmenten der Zufahrten verfolgt werden. Es können somit keine Aussagen über minimale und maximale Verlustzeiten oder Anzahl Halte über die gesamte Strecke gemacht werden, sondern immer nur über die einzelnen Segmente – da es durchaus sein könnte, dass es kein Fahrzeug gibt, welches alle Minima oder alle Maxima gleichzeitig erfährt. Deshalb beschränken wir uns hier auf die **mittlere Verlustzeit** und die **mittleren Anzahl Halte** pro Segment und erlauben uns, sie zu addieren, um die mittlere Verlustzeit und die mittlere Anzahl Halte der gesamten Achse wiedergeben zu können.

Auf die Staulänge als Kriterium wird hier bewusst verzichtet – obwohl diese Berechnung zur Kalibrierung aller Algorithmen herangezogen worden sind.

Es sind 2 Wochen zum Vergleich der Messgrössen ausgewählt worden:

- FESA: Montag, 30. August bis Sonntag, 5. September 2021
- SST (Selbst-Steuerung): Montag, 20. bis Sonntag, 26. September 2021

3 DIE AXSEN

Auf den Achsen West → Ost (LSA 270 bis 225) und Ost → West (LSA 225 bis 270) werden die Fahrzeuge jeweils vom ersten Staudetektor bis nach der Haltelinie verfolgt. Ausserhalb der Abschnitte sind so gut wie keine Staus aufgetreten, so dass die Messungen von Verlustzeit und Anzahl Halten als repräsentativ betrachtet werden können – vor allem auch, weil sie für beide Steuerverfahren auf gleiche Art und Weise erhoben worden sind somit eine Vergleichbarkeit anbietet.

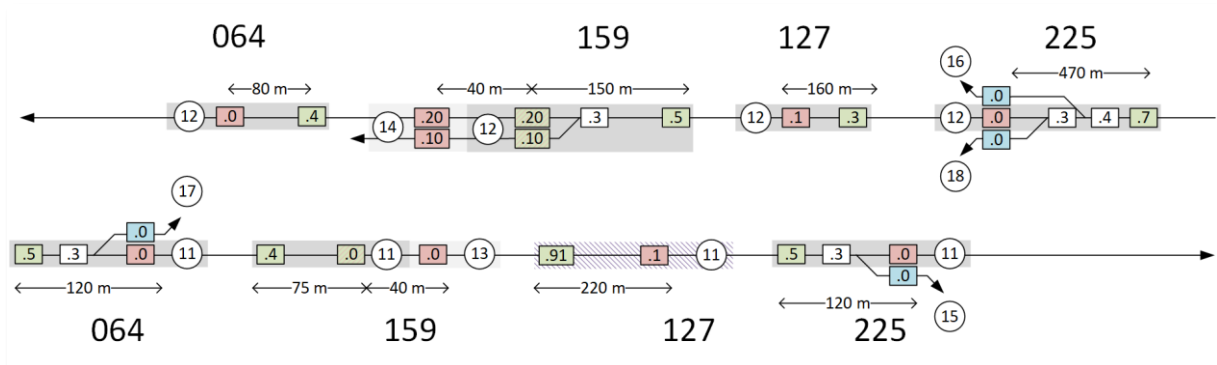
Die nächsten zwei Abbildungen zeigen schematisch die sieben betrachteten Knoten mit den zugehörigen Detektoren und Signalgruppen. Grün eingezeichnet ist der Detektor bei der Einfahrt in das Segment, rot der Detektor bei der Ausfahrt. Blau eingezeichnet sind Hilfsdetektoren in weiteren Ausfahrten von Rechts- und Linksabbiegern, deren Verkehr vom Einfahrdetektor mit gemessen wird. Grün-Rot schraffiert sind Ausfahrtdetektoren, welche gleichzeitig für das nächste Segment als Einfahrdetektor verwendet werden.

Von Osten nach Westen wird die Signalgruppe 12 für den Verkehr verwendet, welcher auf der Achse bleibt, in die Gegenrichtung die Signalgruppe 11. LSA 127 verfügt zwar über Signalgruppen, sie stehen aber nur sehr selten auf Rot. Leider kann LSA 127 in östlicher Fahrtrichtung nicht verwendet werden, da Detektor .91 einiges mehr an Verkehr zählt, als später über .1 fährt. Das liegt an der zusätzlichen Rechtsabbieger-Spur, welche zwar auch über einen Detektor verfügt, aber die Zählgenauigkeit, die Spurverdoppelung und das Fehlen einer Signalgruppe verhindern es, dass die Algorithmen von pCoq eingesetzt werden können.

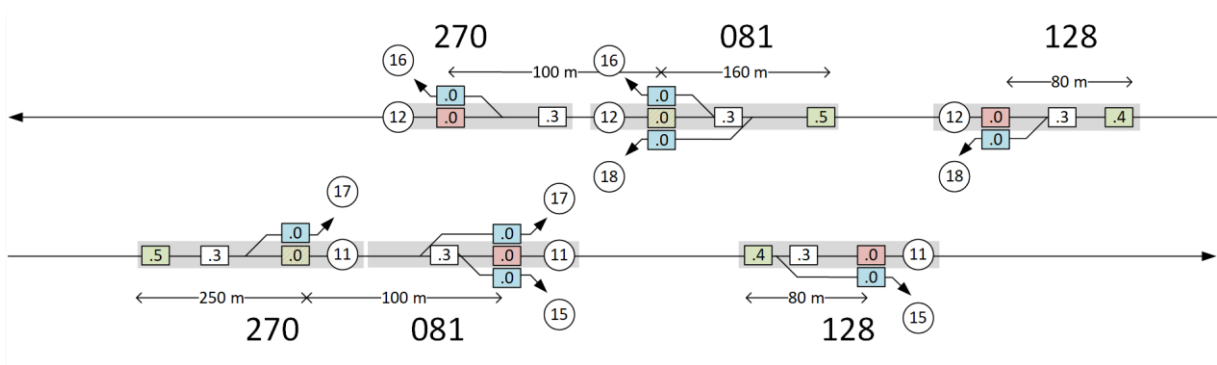
Somit ergeben sich die folgenden Abfolgen von LSA für die Verfolgung der Fahrzeuge:

- Ost → West
 LSA 225 – 127 – 159 – 064 – 128 – 081 – 270
- West → Ost
 LSA 270 – 081 – 128 – 064 – 159 – [127] – 225

Östlicher Abschnitt:



Westlicher Abschnitt:



4 VERGLEICH DER SYSTEME

4.1 Ost → West am Freitagmittag

Die Aufzeichnungen auf der nächsten Seite zeigen oben das FESA-System, unten das SST-System, Fahrtrichtung Ost nach West.

Die Detektorflanken haben eine Auflösung von 1/10 Sekunde, was das Erkennen von einzelnen Fahrzeugen ermöglicht. Die Genauigkeit der Detektionen liegt im technisch Üblichen von etwa 98%, was bedeutet, dass rund 2% der Fahrzeuge nicht korrekt detektiert werden – beispielsweise durch Prellen, verdeckt durch kurzzeitiges Schwingen, unentdeckt durch nicht ausreichende Empfindlichkeit, doppelt detektiert durch ungenaues Befahren der Fahrspur, usw. Heutige Systeme und Auswerteprogramme können mit diesen Effekten umgehen, so dass ihre Auswirkung auf die Genauigkeit der Resultate haben nicht zu Buche schlagen.

LSA 225:

- FESA gibt einen Rhythmus vor für Grün. Er ist nicht immer gleich, kann also die Umlaufzeit verändern.
- SST versucht, auf alle Fahrzeugpulks einzeln einzugehen und ihnen Grün zu geben, sobald sie ankommen. Das funktioniert am Anfang gut, gegen Ende läuft die LSA in die Überlast.

LSA 127:

Das ist hauptsächlich ein Kreisverkehr.

- Bei FESA stauen sich die Fahrzeuge rasch bis nach hinten.
- Bei SST können die Fahrzeuge eine Weile noch bis zum Kreisverkehr vorfahren, dann stauen sie sich auch.

LSA 159:

- FESA arbeitet zyklisch; der Verkehr wird getaktet an die nächsten LSA geschickt.
- SST versucht auch hier, auf alle Fahrzeugpulks einzeln einzugehen. Das funktioniert nicht wirklich gut, da es schwierig ist, die Grösse der Pulks abzuschätzen und ausserdem die Pulks mit grösseren Zeitlücken daher kommen, als es für die Kapazität der LSA gut wäre, da die Fahrzeuge aus einem Kreisverkehr stammen und nicht aus einer anderen LSA.

LSA 064:

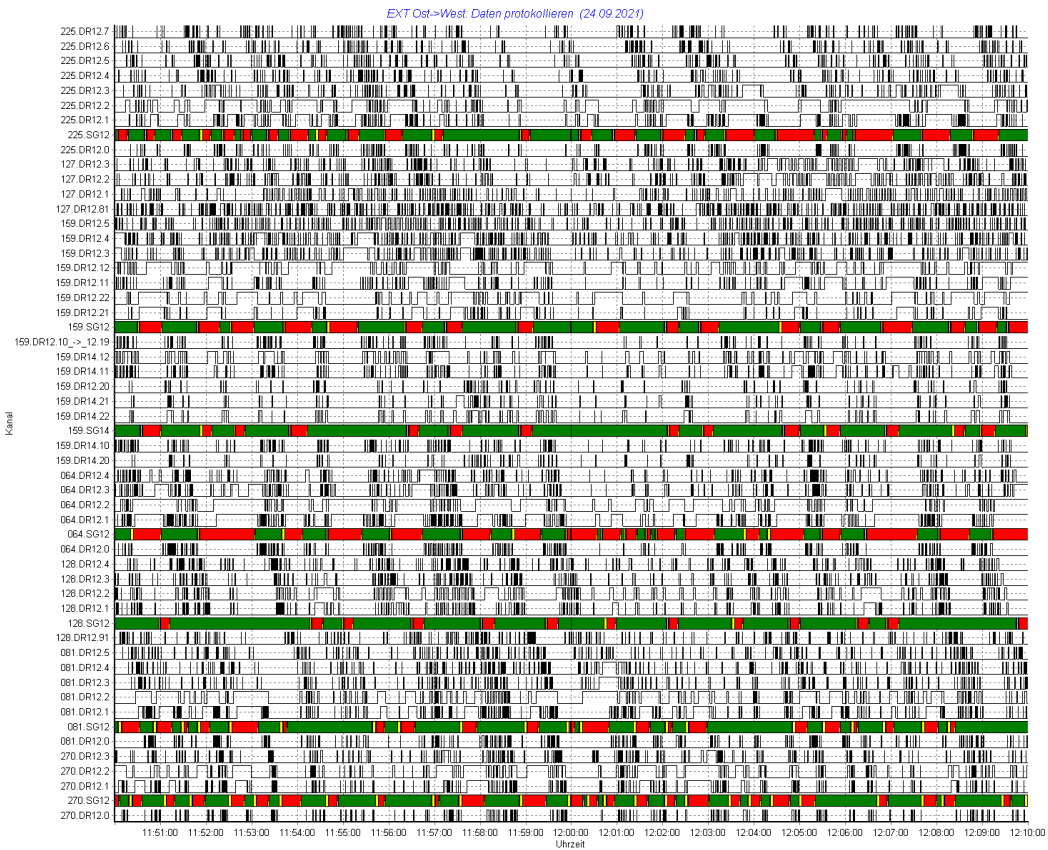
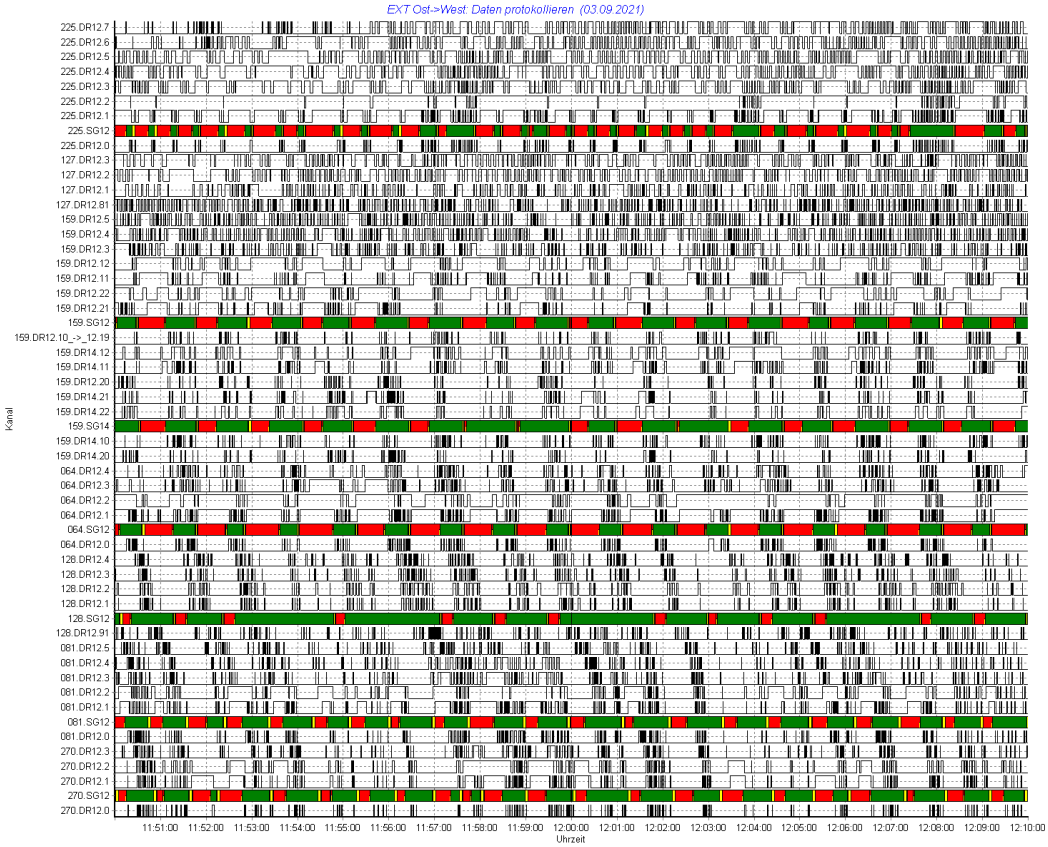
- FESA arbeitet zyklisch, die Zyklen sind auf die vorhergehende LSA 159 abgestimmt; die Länge des Grün geht nicht auf die Länge des Grün der vorhergehenden LSA ein und auch eher unflexibel auf die ankommende Verkehrsmenge.
- SST geht auf die ankommende Verkehrsmenge ein, was zu mehr Rot führt als bei FESA. Es entstehen dadurch typische kurze Grünphasen, manchmal auch Rotphasen, die nach kurzer Zeit wieder grün werden, da doch noch ein Fahrzeug angekommen ist.

LSA 128:

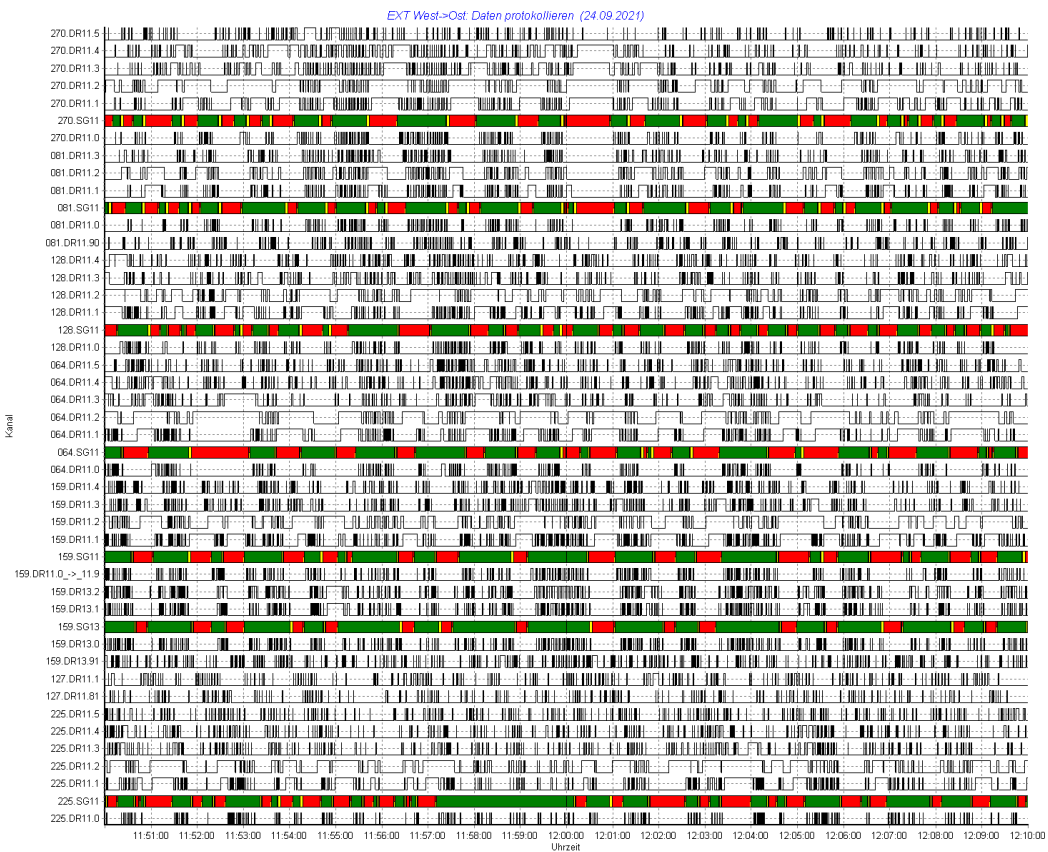
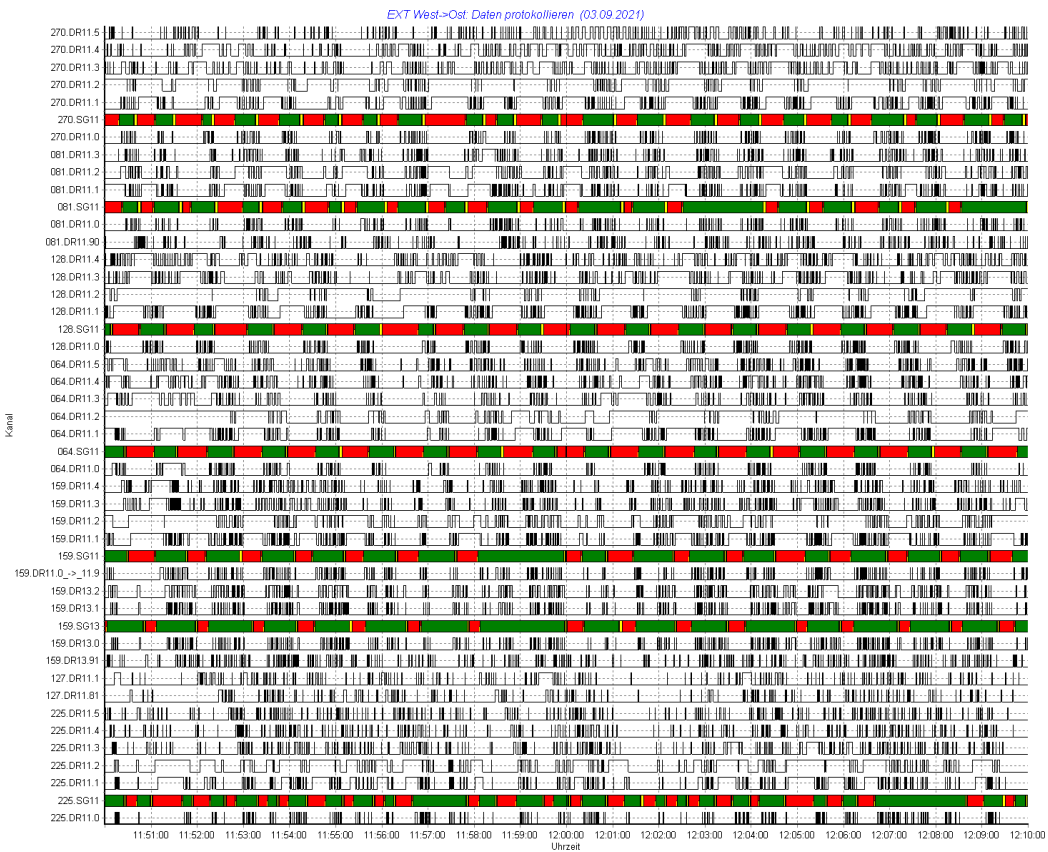
Wird von beiden Verfahren ohne Zyklen bedient und mit hoher Verkehrsabhängigkeit.

LSA 081 und 270:

- FESA bringt wieder einen Rhythmus in die Fahrzeuge.
- SST versucht auch hier, auf alle Fahrzeugpulks so gut wie möglich einzugehen. Sind die Abstände zwischen den einzelnen Fahrzeugen zu gross, werden sie an LSA 081 zu Pulks gebündelt, so dass LSA 270 wieder mit ordentlichen Pulks arbeiten kann.



4.2 West → Ost am Freitagmittag



LSA 270:

- FESA gibt einen Rhythmus vor für Grün.
- SST versucht, auf alle Fahrzeugpulks einzeln einzugehen und ihnen Grün zu geben, sobald sie ankommen. Daraus entstehen Grün- und Rotzeiten mit grossen Unterschieden.

LSA 081:

- FESA übernimmt weitgehend den Rhythmus und die Längen der Phasen der vorhergehenden LSA, schiebt einmal eine Grünphase ein oder verlängert eine Grünphasen über zwei Grünphasen der vorhergehenden LSA.
- SST bildet, wie auch FESA, den Rhythmus der vorhergehenden LSA ab, schiebt ein, verlängert, arbeitet aber nicht mit einer konstanten Zykluszeit.

LSA 128:

- FESA läuft in einem sehr konstanten Ablauf und geht nicht auf die Verkehrsmenge ein. Das zerstückelt Fahrzeugpulks und bringt Wartezeiten ins System.
- SST wirkt unruhiger als LSA 081, da die Fahrzeuge nicht in schönen Pulks fahren. Das führt zu sehr kurzen Grün- und Rotphasen und bringt Wartezeiten ins System.

LSA 064:

- FESA folgt der vorhergehenden LSA, muss aber mit einbiegendem Verkehr fertig werden, der meist vor Rot warten muss, aber selten die Pulks von der vorhergehenden LSA behindert. Nach einer Weile bildet sich Stau durch Überlastung.
- SST möchte es allen recht machen, auch dem einbiegenden Verkehr, was aber nicht gelingt und schliesslich die Pulks von der vorhergehenden LSA aufhält – auch hier tritt Stau durch Überlastung auf.

LSA 159:

Hier wird es entspannter, es steht mehr Grünzeit zur Verfügung. Beide Verfahren lassen die Pulks erkennen, FESA im Rhythmus der vorhergehenden LSA, SST viel freier und mit mehr Grünzeit.

LSA 127:

Ist ein unregelmässiger Kreisverkehr.

LSA 225:

Zeit in beiden Verfahren eine grosse Verkehrsabhängigkeit, SST erzeugt länger Grünphasen und kürzere Rotphasen als FESA.

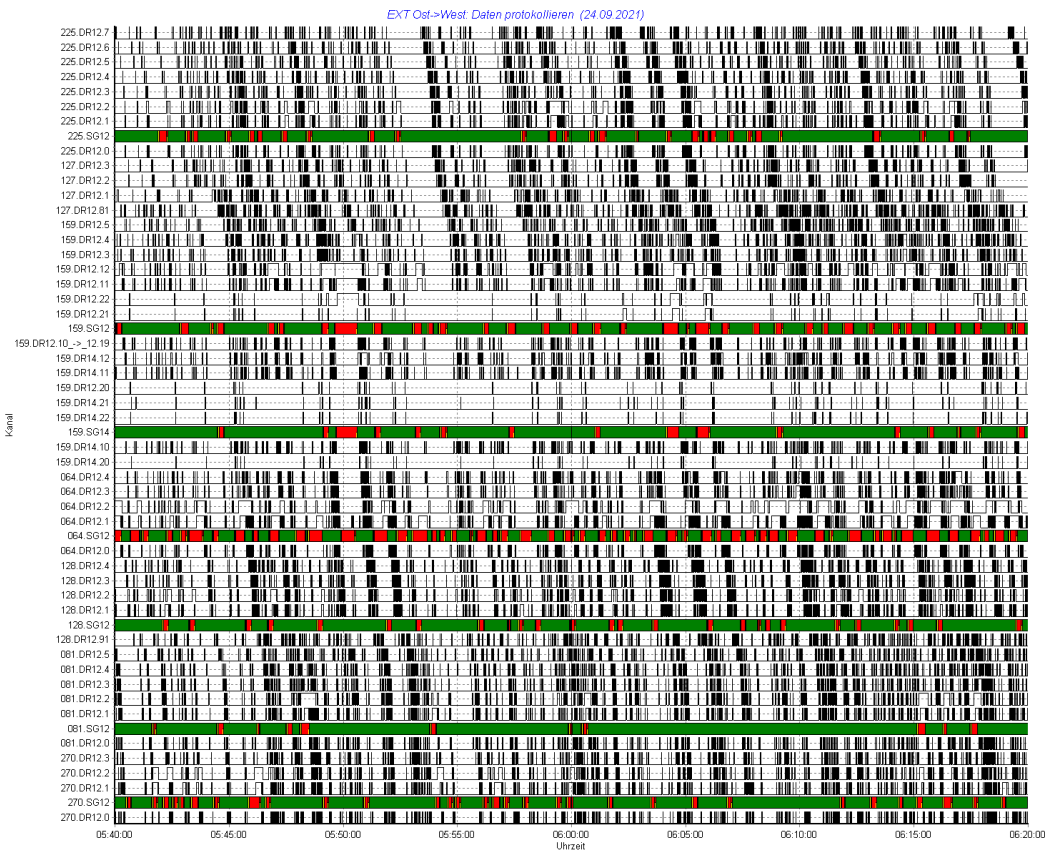
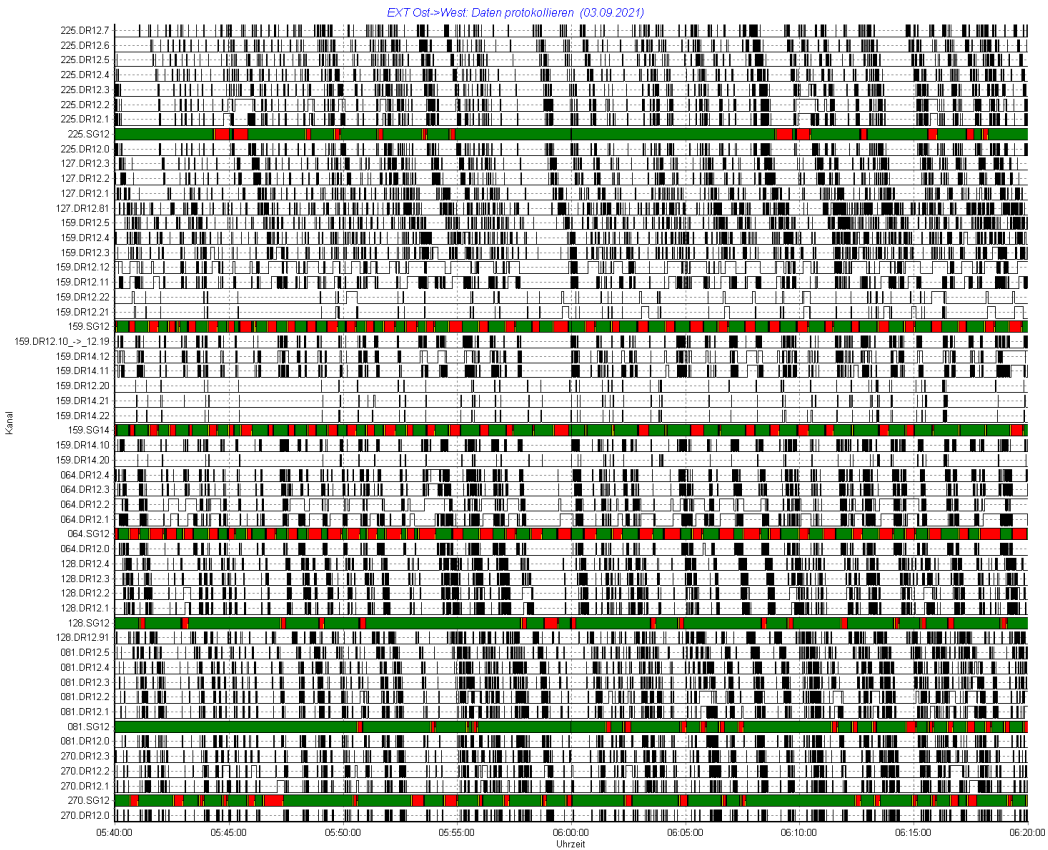
4.3 Ost → West am Freitagmorgen

In den frühen Morgenstunden sieht man am besten, wie beide Verfahren verkehrsabhängig regeln.

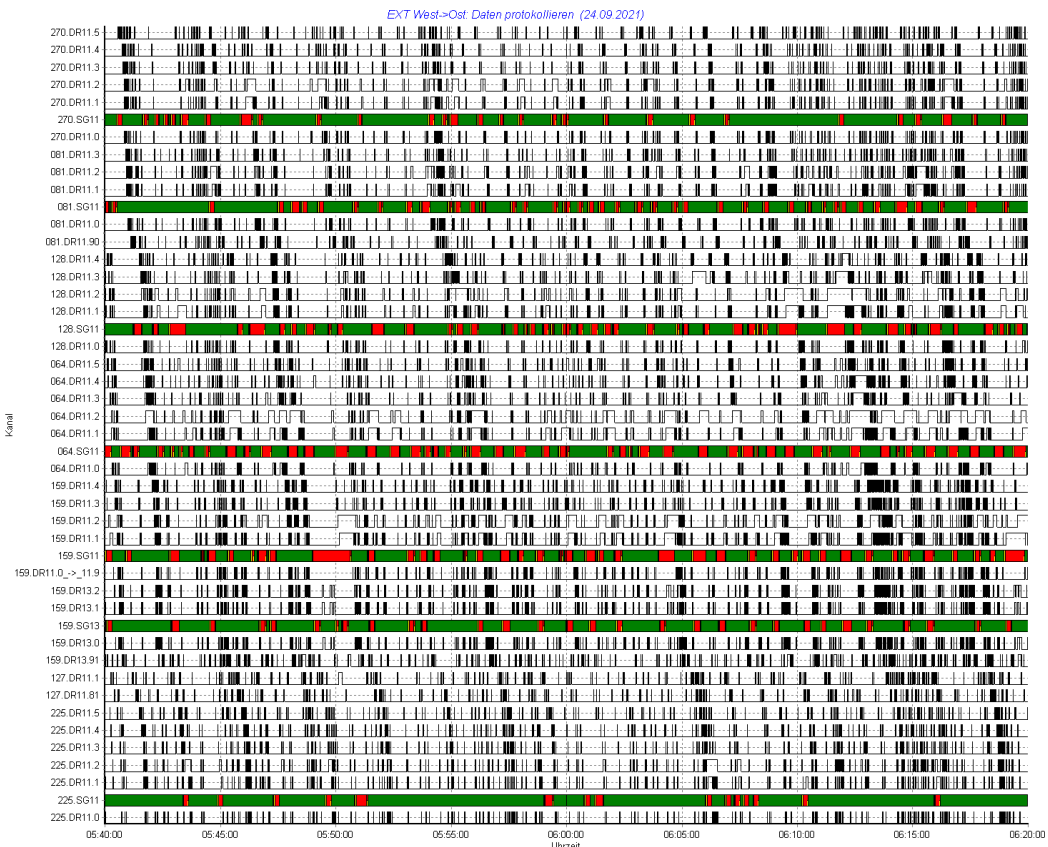
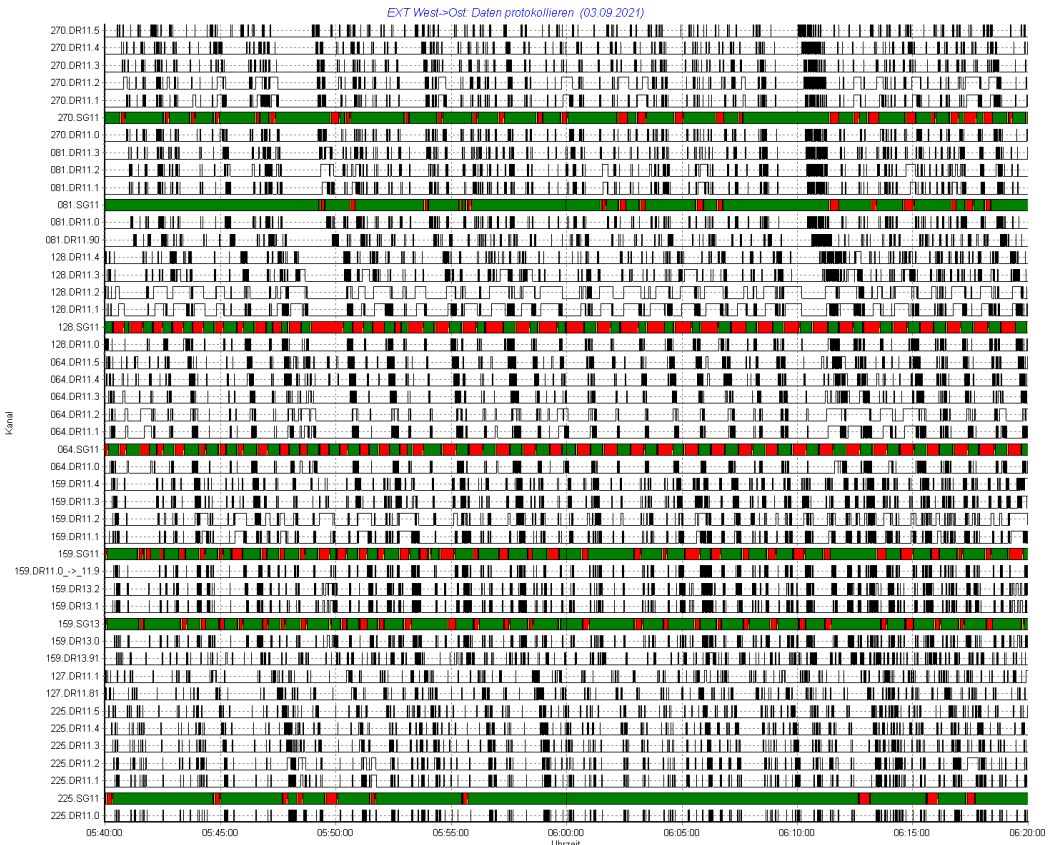
- FESA regelt die LSA 159 und 064 so gut wie zyklisch; die anderen LSA zeigen sehr viel Grün und werden nur bei feindlichem Verkehr rot.
- SST regelt alle LSA voll-verkehrsabhängig

Für beide Verfahren kann man die Pulks schön durch das System verfolgen! FESA gibt den Pulks an LSA 159 eine Zykluszeit, SST scheint darauf verzichten zu wollen, zeigt gegen Ende dann aber auch fast ein zyklisches Verhalten.

FESA erzeugt an LSA 081 mehr Rot für die betrachtete Achse.



4.4 West → Ost am Freitagmorgen



- FESA regelt die LSA 128 und 064 zyklisch; LSA 159 ist nicht zyklisch, zeigt aber eine leicht variable Periodizität; die anderen LSA zeigen sehr viel Grün und werden nur bei feindlichem Verkehr rot.
- SST regelt alle LSA voll-verkehrabhängig mit häufigeren und auch längeren Rotphasen

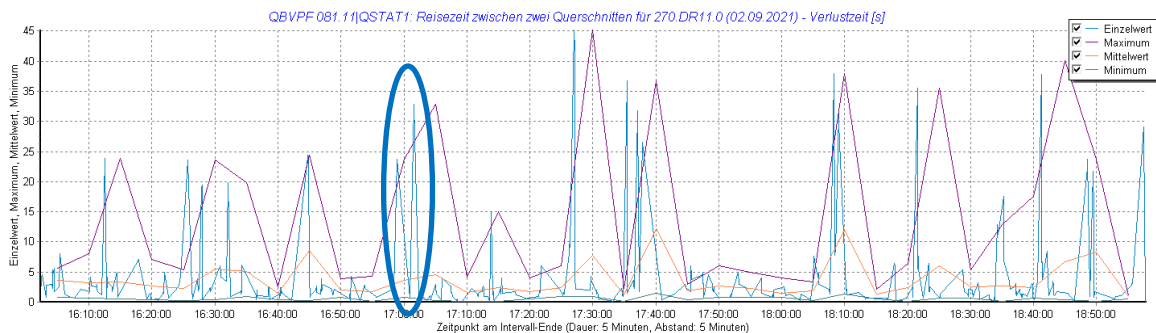
Bei FESA sieht man schön, wie ein erster, grosser Fahrzeugpulk kurz nach 06:10 bei LSA 270 auftaucht. Sobald er auf die zyklische Regelung von LSA 128 trifft, wird er in zwei Pulks auseinander genommen und dann weiter durch das System befördert.

Bei SST taucht ein ähnlicher Pulk kurz nach 05:55 auf, allerdings weniger dicht. An LSA 270 wird er deshalb auf 2 Phasen verteilt, an LSA 081 bekommt er dann eine einzige Grünphase. An LSA 128 wird er auf 3 Phasen aufgeteilt und bleibt anschliessend etwas diffus auf mehrere Phasen verteilt.

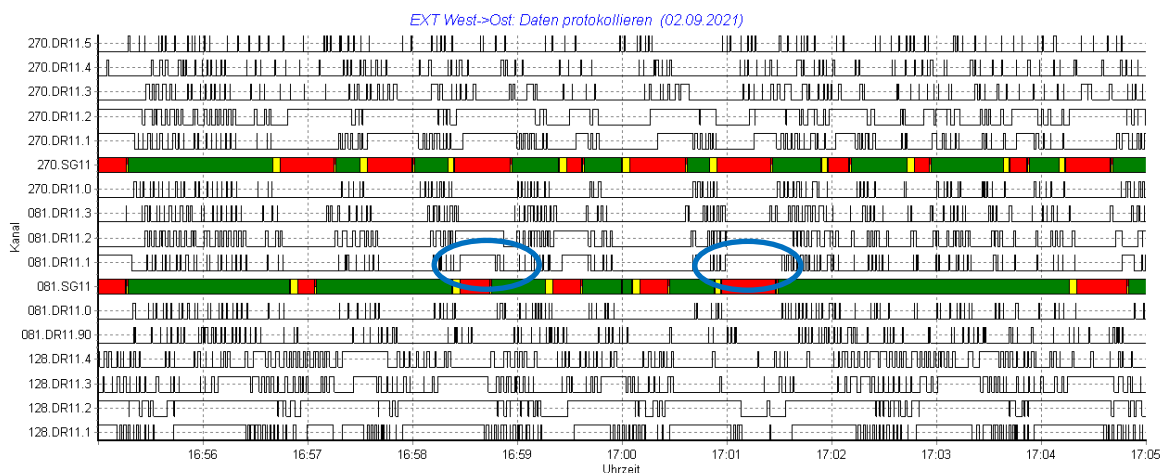
5 INTERPRETATION VON BERECHNUNGEN

Für die bald folgenden statischen Betrachtungen der Verlust- und Reisezeit sowohl der Halte ist es wichtig, Vertrauen in die Auswertungen zu haben. Deshalb werden hier ein paar spezielle Situationen besprochen, welche in den Berechnungen erkannt worden sind und die anhand der Signalprotokolle erklärt werden können.

5.1 Immer ein bisschen zu früh Rot an 081.11

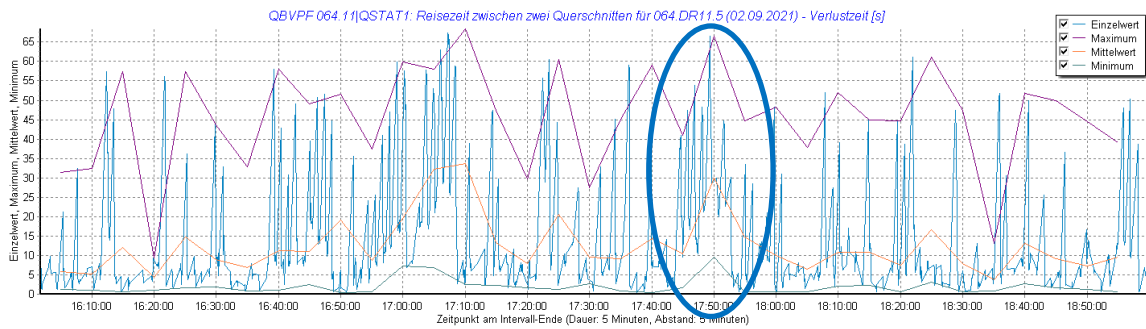


Die Verlustzeiten in Zufahrt 081.11 zeigen immer wieder Spitzen, was zu einem hohen Maximalwert führt, während der Mittelwert tief ist. Das Diagramm zeigt blau jede gemessene Verlustzeit, violett den maximal gemessenen Wert der letzten 5 Minuten und orange den Mittelwert der blauen Einzelwerte. Die grüne Kurve der Minima ist selten sichtbar, da sie glücklicherweise knapp über der Nulllinie liegt.

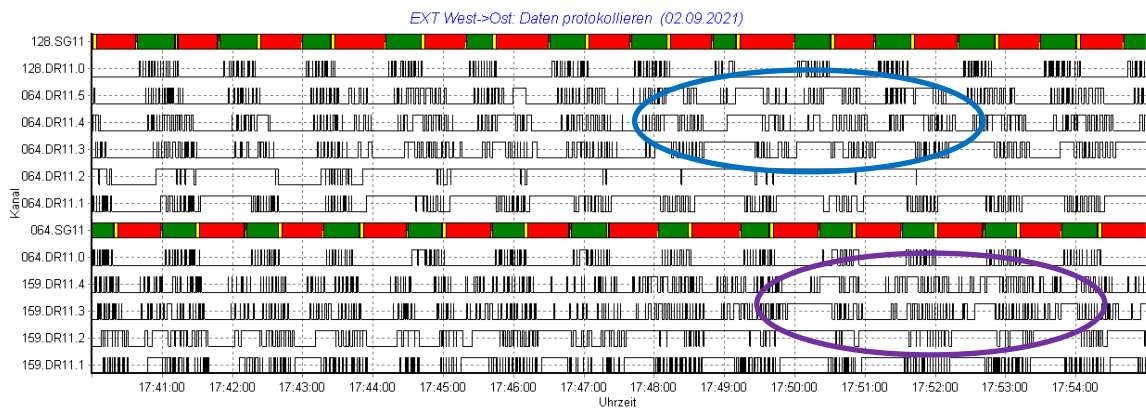


Im Detektorprotokoll kann man das gut nachvollziehen. 081.DR11.1 wird häufig kurz nach Rot wieder belegt, was dieses eine Fahrzeug bis zum nächsten Grün warten lässt

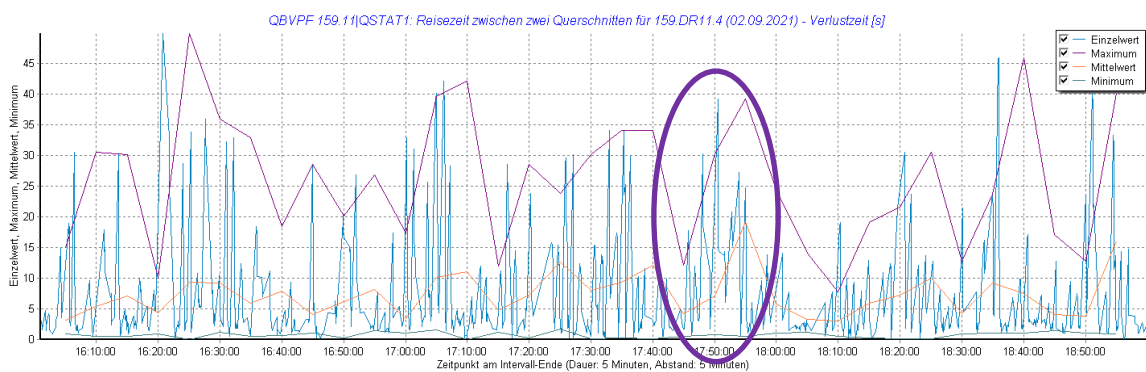
5.2 Auf- und abbauender Stau an 064.11 und 159.11



Die blaue Kurve zeigt die Verlustzeit pro korrekt verfolgtem Fahrzeug. Man sieht schön, wie sich immer wieder Verlustzeit aufschaukelt und anschliessend wieder abbaut. Im Detektorprotokoll äussert sich das durch zunehmende Belegungen von zusätzlichen Staudetektoren 064.DR11.3, .4 und .5



Dasselbe Phänomen kann übrigens auch im folgenden Abschnitt beobachtet werden, Abschnitt 159.11 um 17:50:

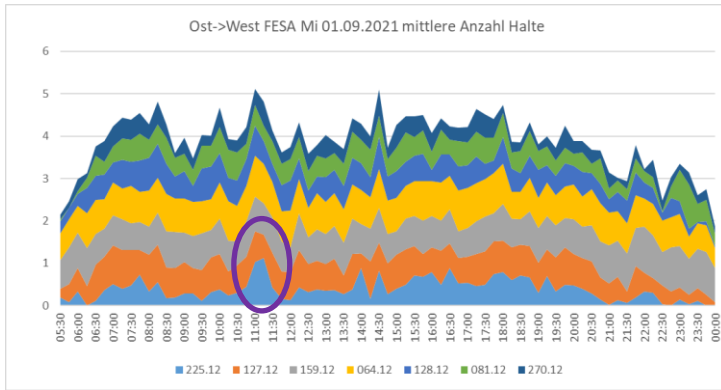


6 BESPRECHUNG AUSGEWÄHLTER SITUATIONEN

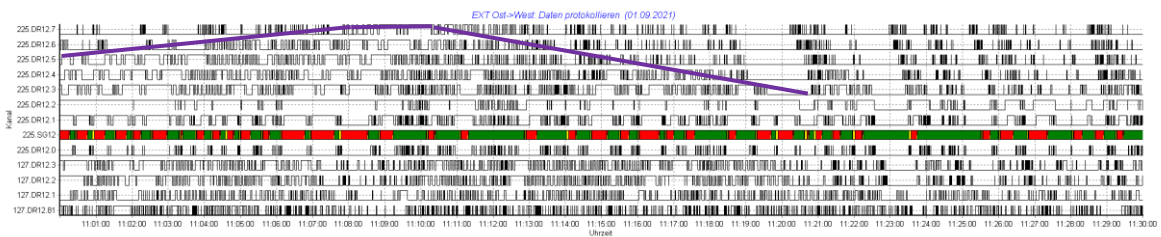
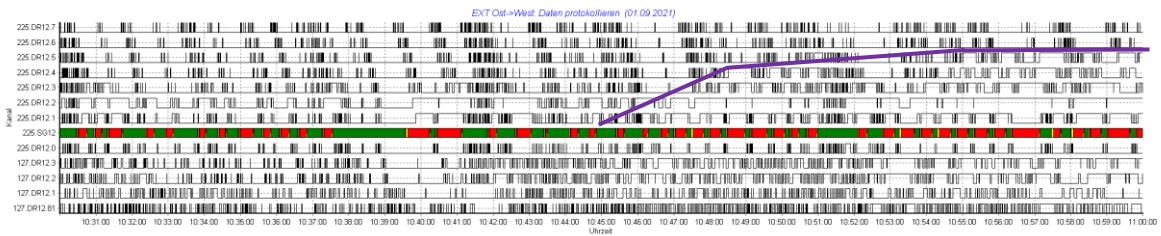
Nicht nur in den gerade gezeigten mikroskopisch genauen Auswertungen kann man Phänomene beobachten, sondern auch in den daraus folgenden, auf 15-Minuten-Intervalle verdichteten Statistiken. Ein paar ausgewählte Beobachtungen sollen hier gezeigt werden. Die Beispiele haben bei der Plausibilisierung der statistischen Resultate ins Auge gestochen.

6.1 Ost → West LSA 225, 01.09.2021 10 bis 11 Uhr

Hohes Verkehrsaufkommen

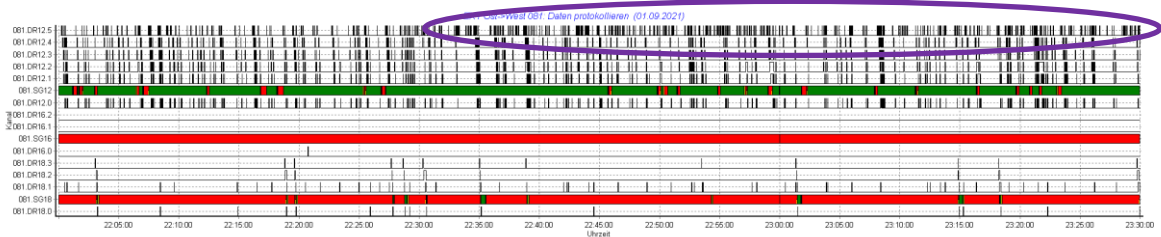
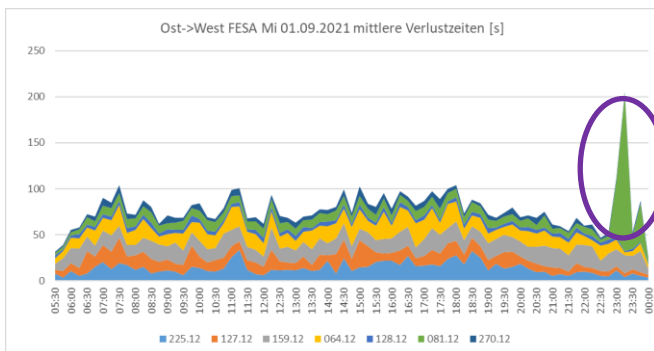


Das obere Diagramm zeigt den Anteil jedes Segments zur gesamten mittleren Verlustzeit über 15 Minuten auf der Achse. Die unteren Signalschreiber zeigen, verdeutlicht durch die violetten Linien, wie sich der Stau auf- und wieder abbaut, sichtbar durch die steigenden Belegungszeiten der Detektoren.



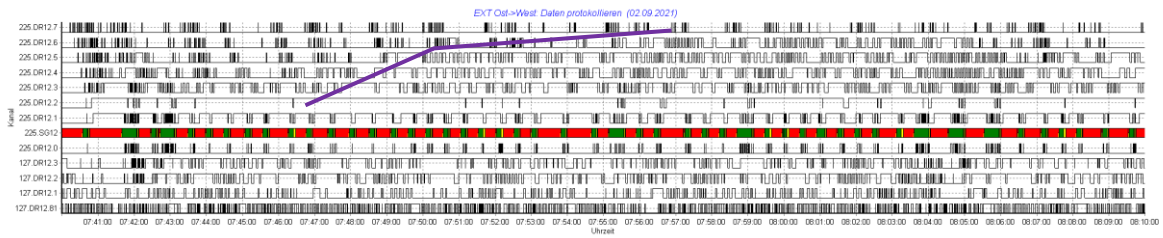
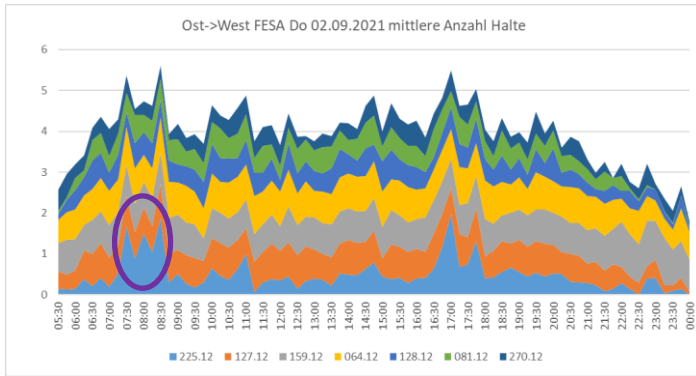
6.2 Ost → West LSA 081, 01.09.2021 ab 22:30

Gestörter Detektor in der Zufahrt



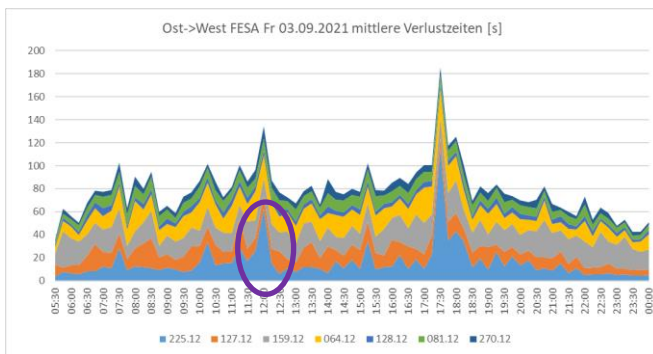
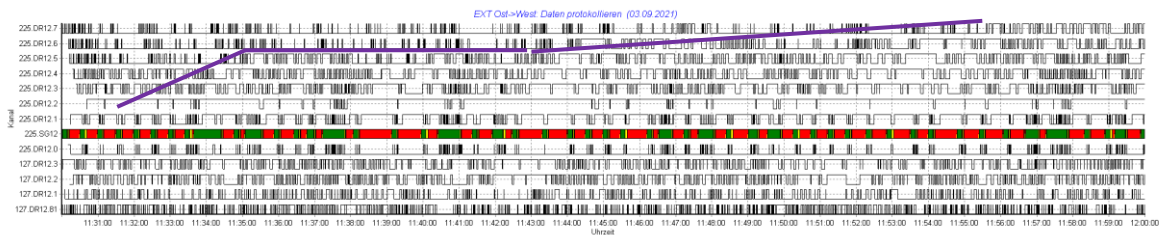
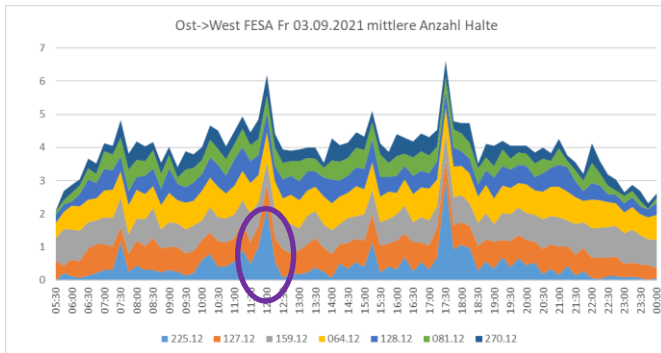
6.3 Ost → West LSA 225, 02.09.2021 10 bis 11 Uhr

Normales Verkehrsaufkommen



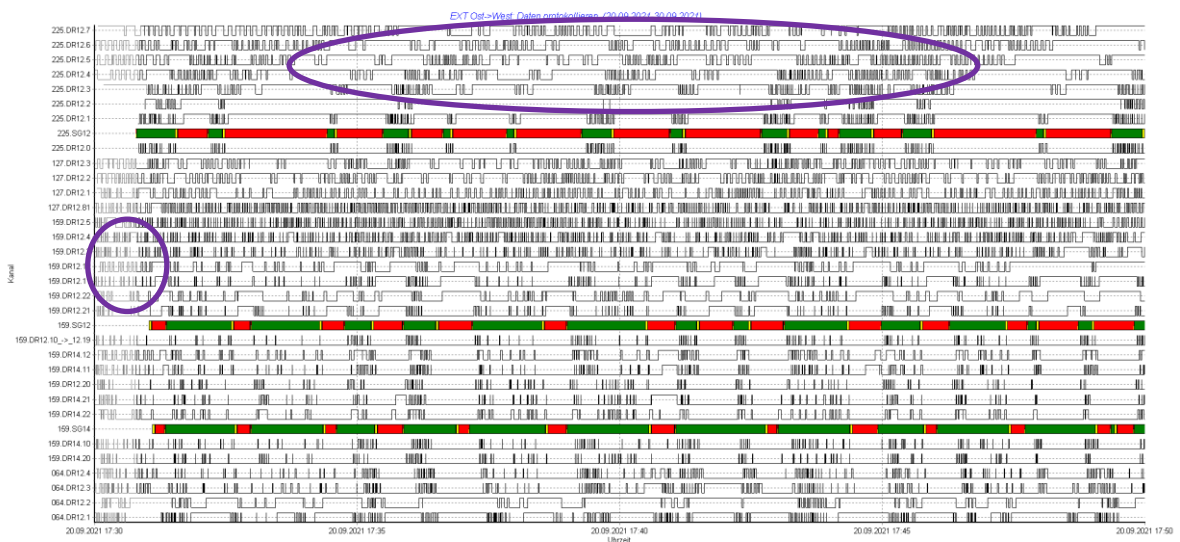
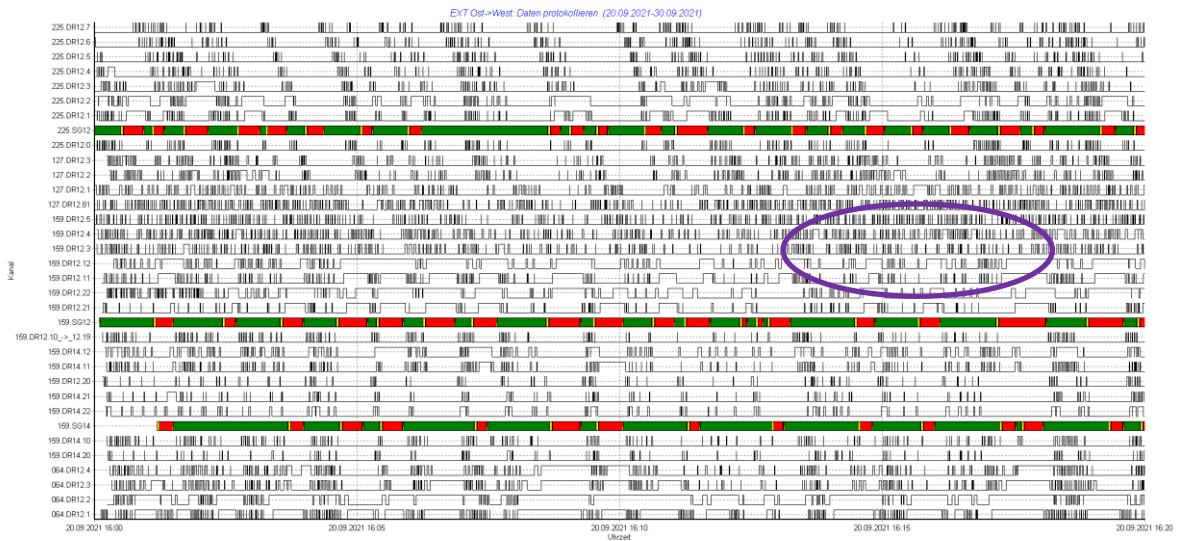
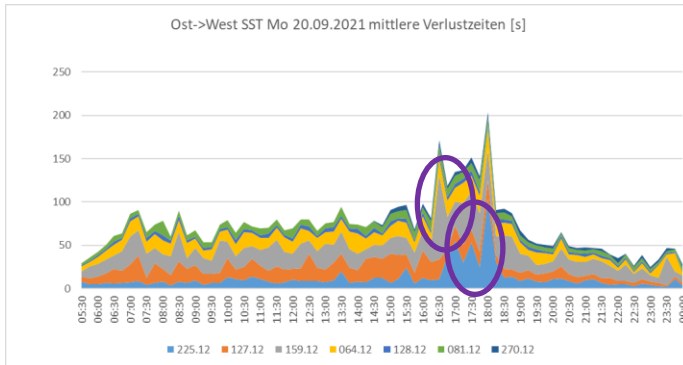
6.4 Ost → West LSA 225, 03.09.2021 11:30 bis 12:30

Höheres Verkehrsaufkommen



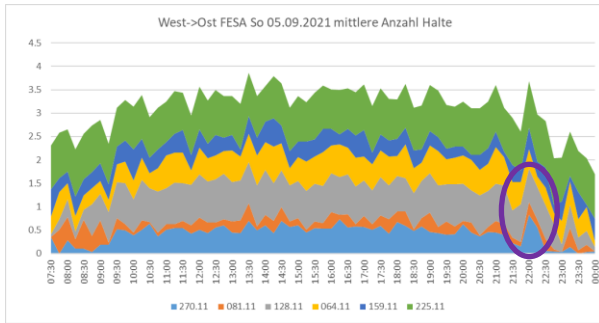
6.5 Ost → West LSA 159 und 225, 20.09.2021 16 bis 19 Uhr

Überlastung

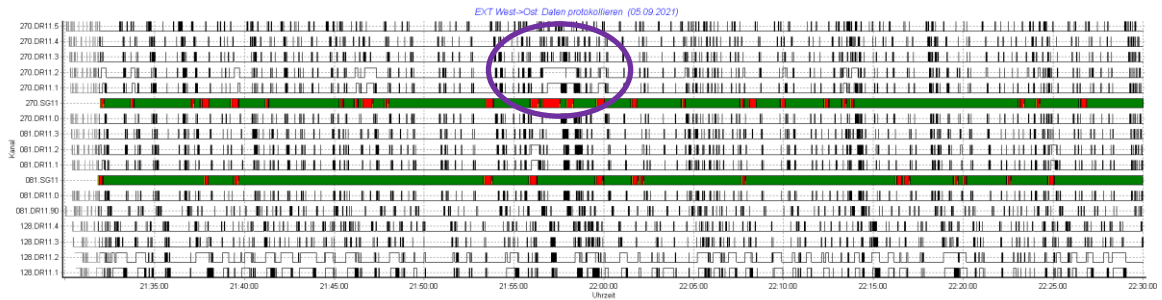


6.6 West → Ost LSA 270, 05.09.2021 22 Uhr

Verkehrsstörung

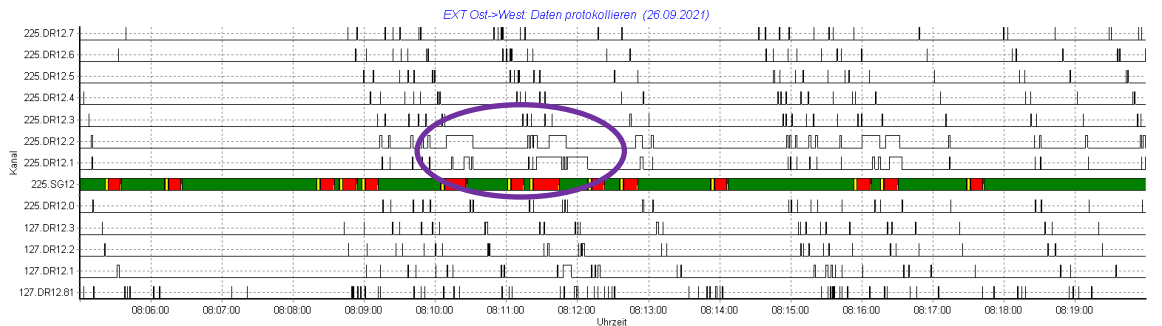
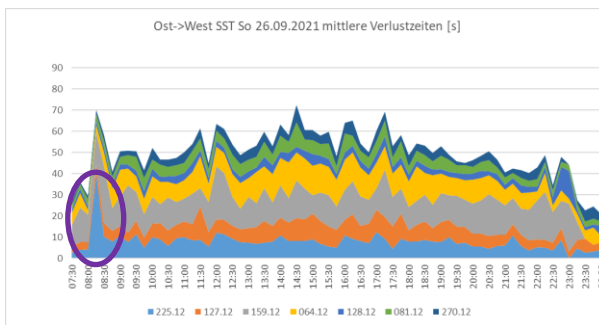


Auch hier wird die Störung gut sichtbar anhand der grossen Belegungszeiten, violett eingekreist.



6.7 Ost → West LSA 225, 26.09.2021 8 bis 9 Uhr

Wenig Fahrzeuge, aber alle mit grosser Wartezeit, führen zu einer Überhöhung der Statistik – die Mittelwerte sind nicht mit den Anzahl Fahrzeugen gewichtet, d.h. man kann ihnen nicht entnehmen, wie viele Fahrzeuge zum Mittelwert beigetragen haben.



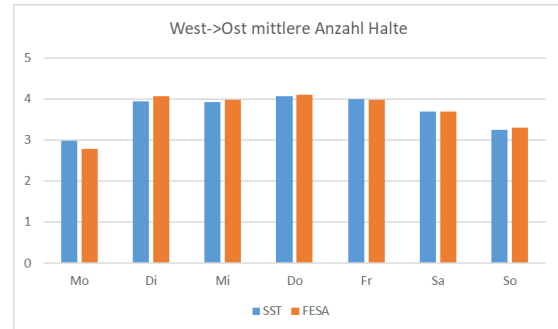
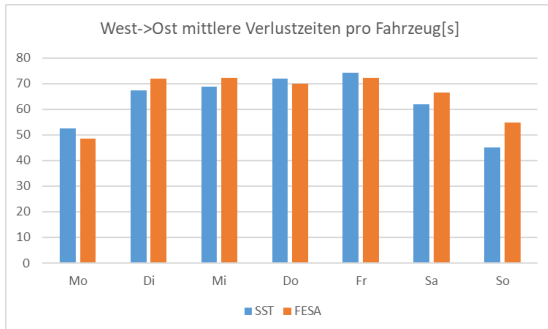
7 VERLUSTZEITEN UND HALTE PRO WOCHENTAG, WEST → OST

7.1 Wochenübersicht

Hier werden mittlere Verlustzeiten pro Fahrzeug in beide Richtungen und für beide Steuerverfahren sich gegenübergestellt. Es wird ein Tageswert berechnet, welcher den durchschnittlichen Wert pro Fahrzeug zeigt.

Ohne LSA wäre die Verlustzeit 0. Je tiefer der Wert, umso besser hat die Regelung gearbeitet

Dieser Wert ist ein Qualitätskriterium aus der Sicht der Verkehrsteilnehmer. Ein Qualitätskriterium aus der Sicht des Betreibers wird im Abschnitt 9 vorgestellt werden.



Am Montag, 20.9.2021 waren die Daten für die beiden ersten LSA erst ab Nachmittag verfügbar, so dass zur Vergleichbarkeit von SST und FESA am Montag für beide Daten nur eine verkürzte Strecke ab der 3. LSA ausgewertet wird. Entsprechend sind die Werte für «Mo» jedoch nicht mit den restlichen Werten der Woche vergleichbar.

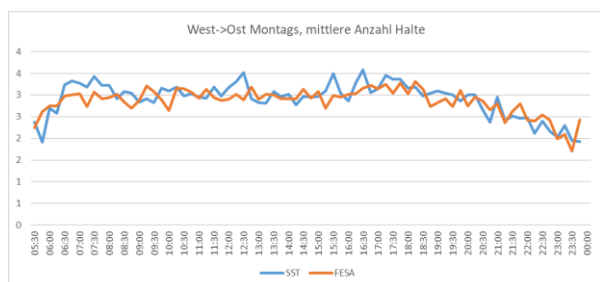
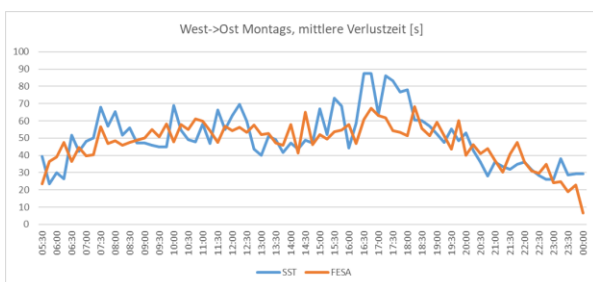
Die Anzahl Halte ist so gut wie äquivalent für beide Steuerverfahren. Bei den mittleren Verlustzeiten wechseln sich die Gewinner ab.

7.2 Montags

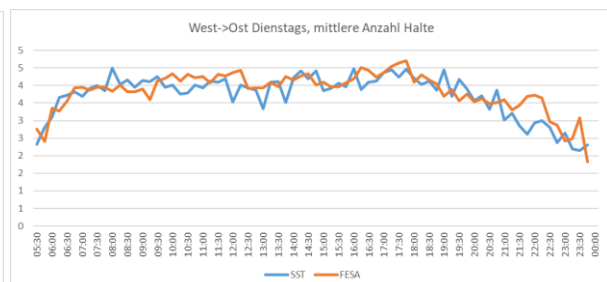
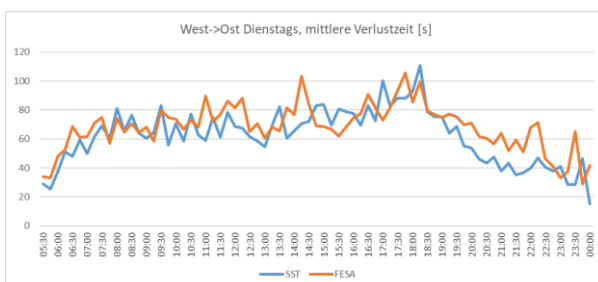
Wegen eines Datenausfalls am 20.9.2021 bis Anfang Nachmittag wird hier nur eine verkürzte Strecke ab 128.11 betrachtet.

Die Graphiken zeigen mittlere Verlustzeit und mittlere Anzahl Halte jeweils über eine Viertelstunde berechnet.

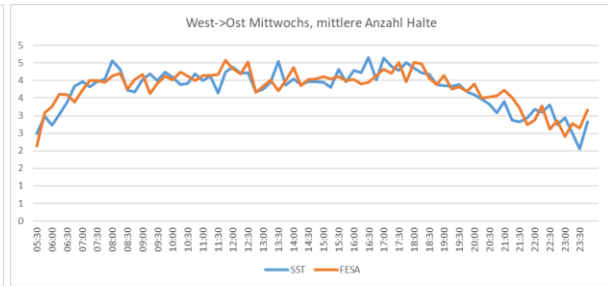
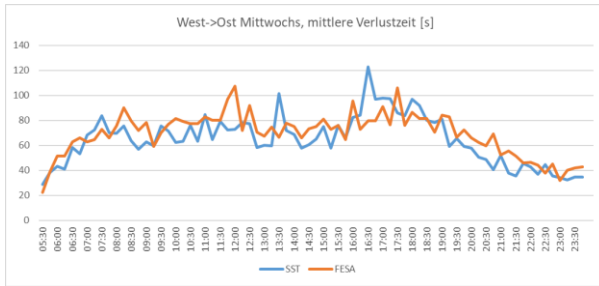
Tendenziell erreicht die SST in der Morgenspitze bessere Werte für die Verlustzeit, FESA in der Abendspitze. Die Anzahl Halte scheinen in beiden Verfahren ähnlich zu sein.



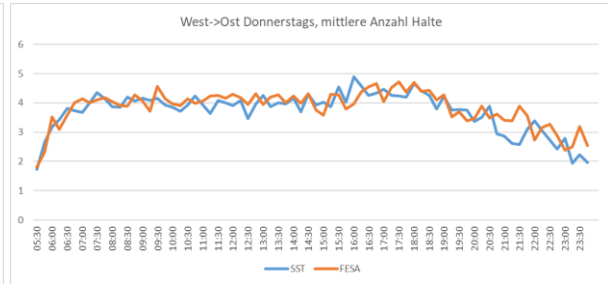
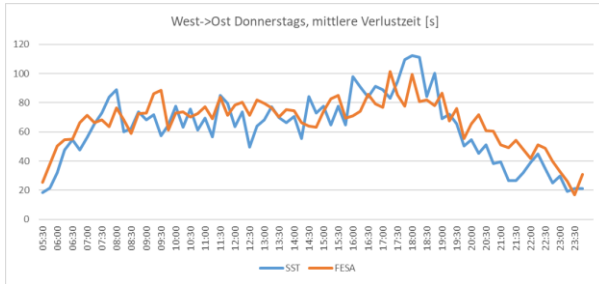
7.3 Dienstags



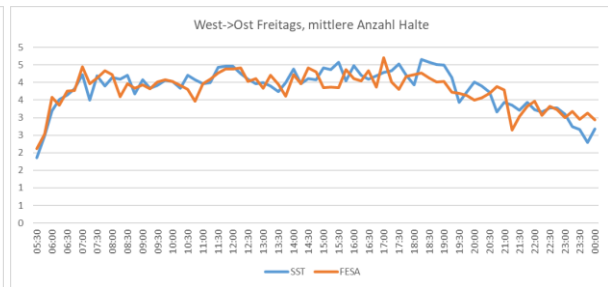
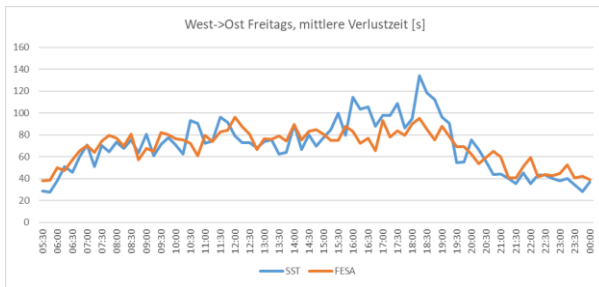
7.4 Mittwochs



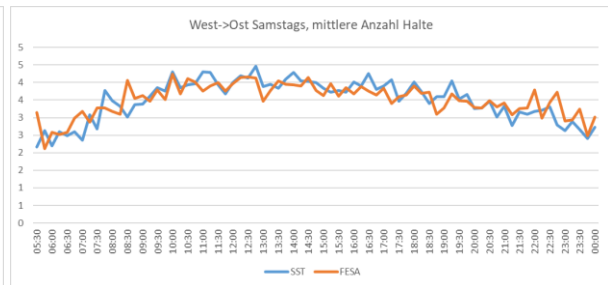
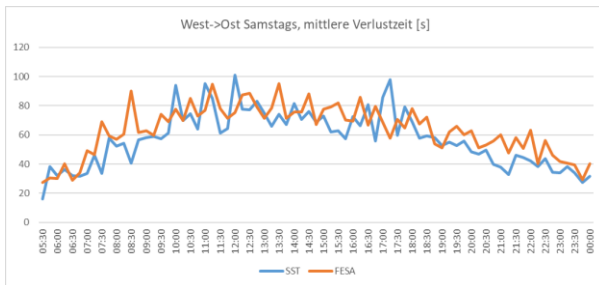
7.5 Donnerstags



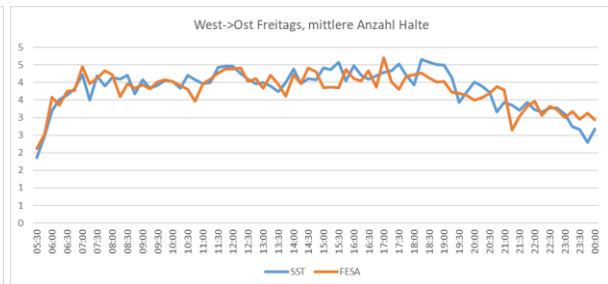
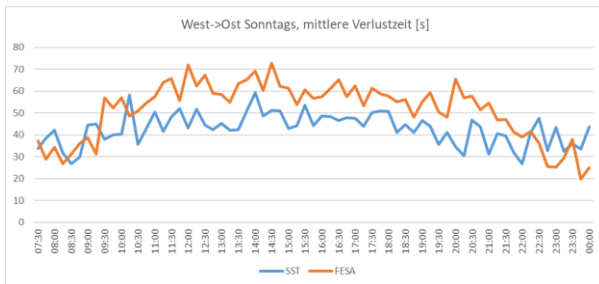
7.6 Freitags



7.7 Samstags



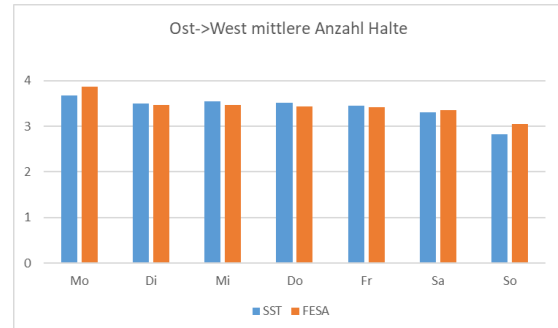
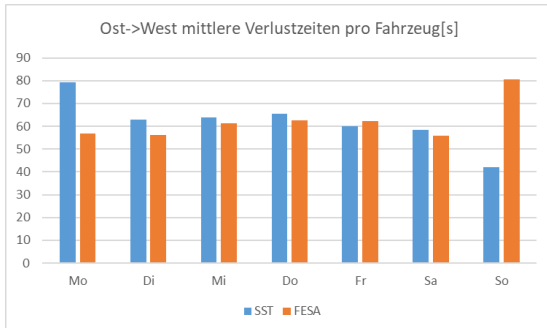
7.8 Sonntags



8 VERLUSTZEITEN UND HALTE PRO WOCHENTAG, OST → WEST

8.1 Wochenübersicht

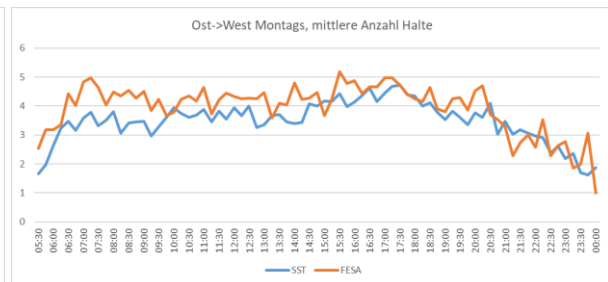
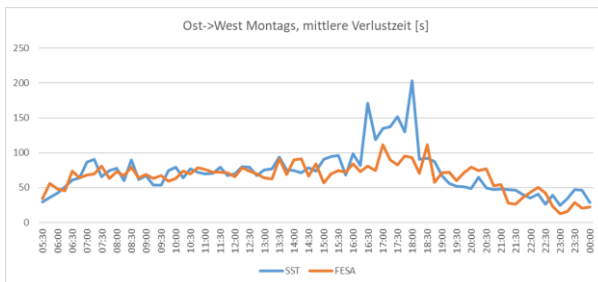
Hier werden, nun in die Gegenrichtung, mittlere Verlustzeiten pro Fahrzeug in beide Richtungen und für beide Steuerverfahren sich gegenübergestellt. Es wird ein Tageswert berechnet, welcher den durchschnittlichen Wert pro Fahrzeug zeigt.



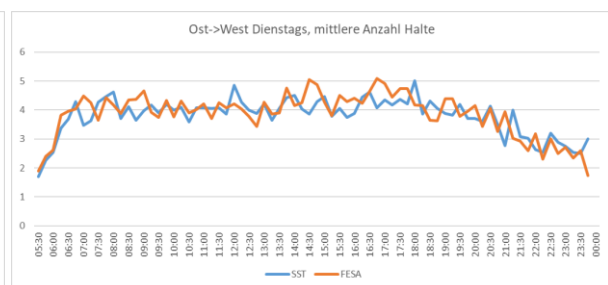
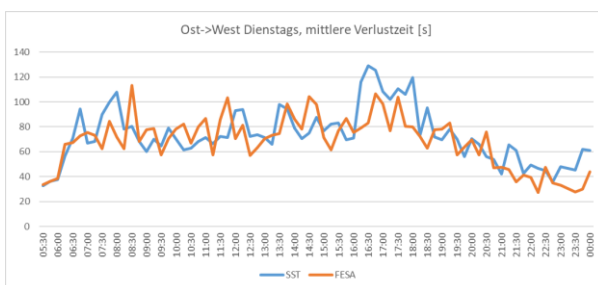
Auch hier sind die Anzahl Halte ist so gut wie äquivalent für beide Steuerverfahren. Bei den mittleren Verlustzeiten wechseln sich die Gewinner auch hier ab, wobei beide Verfahren einmal einen ausgesprochen schlechten Tag hatten, SST am Montag, FESA am Sonntag.

8.2 Montags

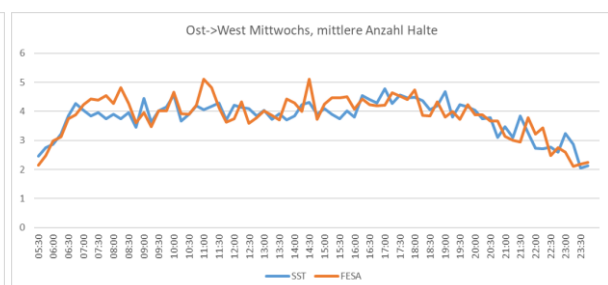
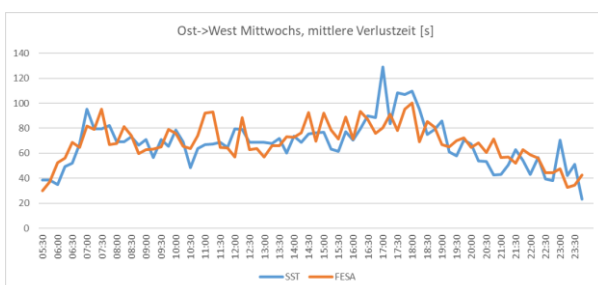
Hier ist die Tendenz schwerer ersichtlicher, wann welches Verfahren bessere Werte für die Verlustzeit erreicht. Tendenziell ist sie für SST in der Abendspitze höher. Die Anzahl Halte scheinen auch hier in beiden Verfahren ähnlich zu sein.



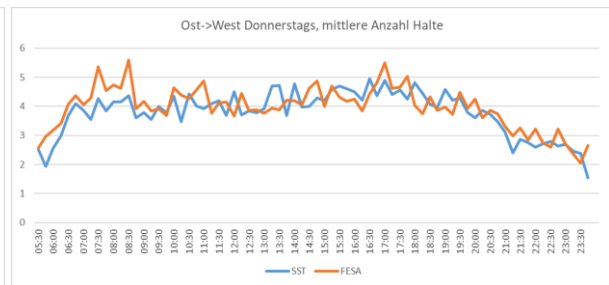
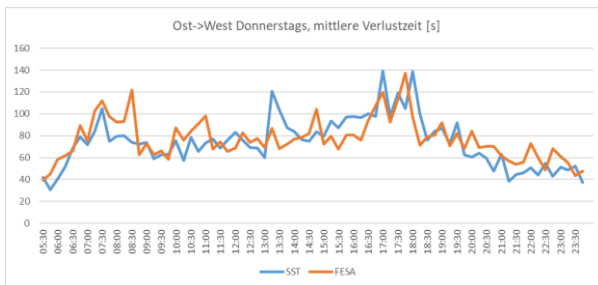
8.3 Dienstags



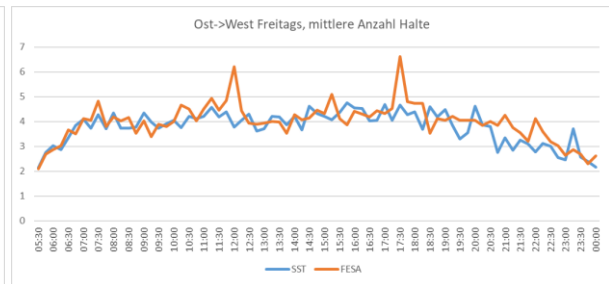
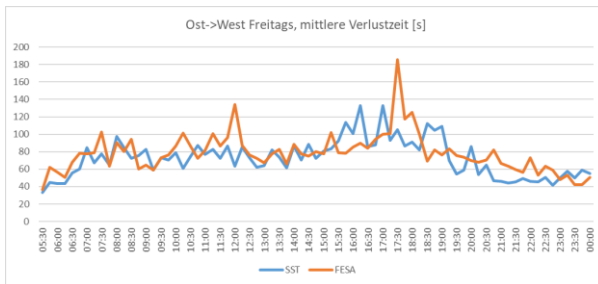
8.4 Mittwochs



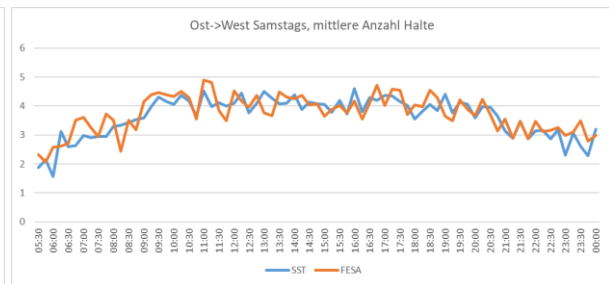
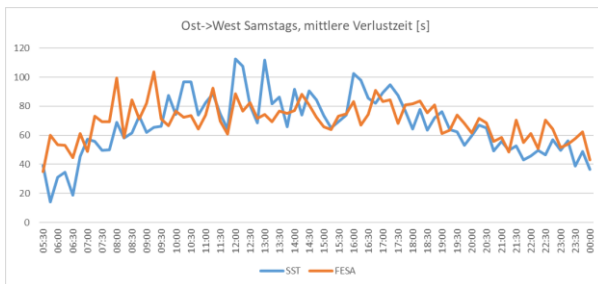
8.5 Donnerstags



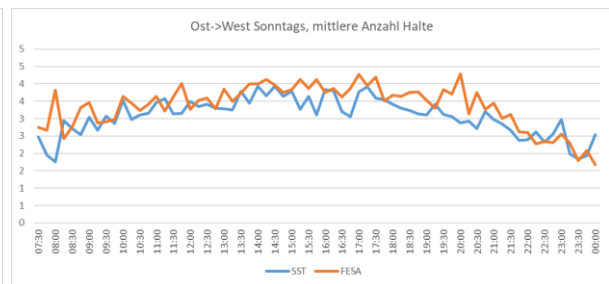
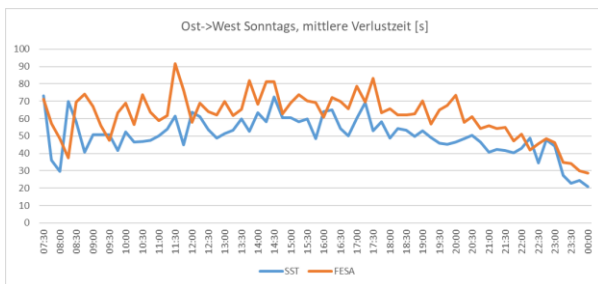
8.6 Freitags



8.7 Samstags



8.8 Sonntags



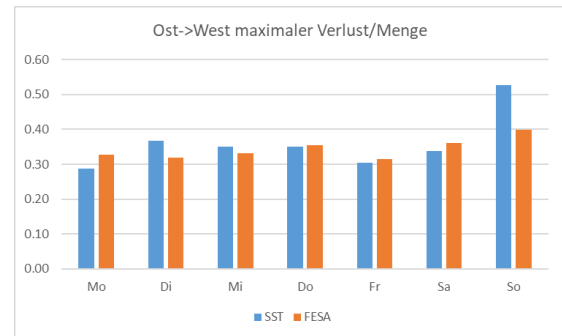
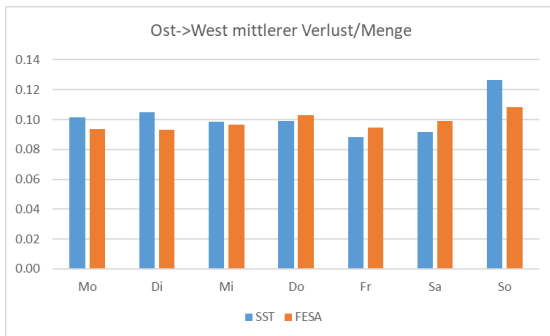
9 VERLUSTZEITINDEX PRO WOCHENTAG, WEST → OST

Der Verlustzeitenindex stellt Verlustzeit und Anzahl Fahrzeuge miteinander in ein Verhältnis. Höhere Verlustzeit kann durch höhere Verkehrsmenge kompensiert werden – so wird der Betreiber der LSA nicht für mehr Verkehr «bestraft», was an LSA unausweichlich zu höheren Verlustzeiten führt, sondern er darf die Verlustzeiten ansteigen lassen, wenn er gleichzeitig mehr Verkehr abwickeln kann.

Der einfachste Index ist der Quotient von Verlustzeit zu Verkehrsmenge: steigt die Verlustzeit, so kann das Resultat durch ein Steigen der Verkehrsmenge wieder verkleinert werden. In der Literatur werden zusätzliche Faktoren und Summanden vorgeschlagen, es herrscht aber keine Einigkeit über Nützlichkeit und Werte dieser Grössen, so dass wir sie hier weglassen und die beiden Grössen ganz einfach durcheinander teilen.

Der Verlustzeitenindex kann bei Gleichheit oder Fast-Gleichheit zweier Verfahren angewendet werden, um die Fähigkeit zu beschreiben, mit grossen Verkehrsmengen umgehen zu können.

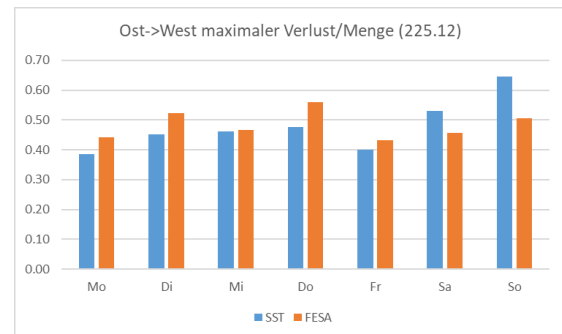
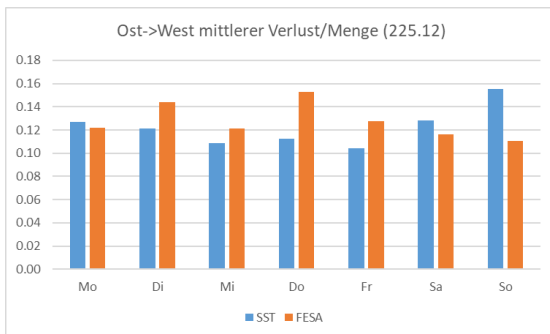
Neben dem Index der mittleren Verlustzeit stellen wir auch den Index der maximalen Verlustzeit dar. Wie immer gilt: je kleiner der Wert, umso besser ist er.



Bei den Mittelwerten schneidet FESA in der ersten Wochenhälfte und am Sonntag besser ab. Bei den Maxima schneidet SST am Montag und am Freitag und Samstag besser ab.

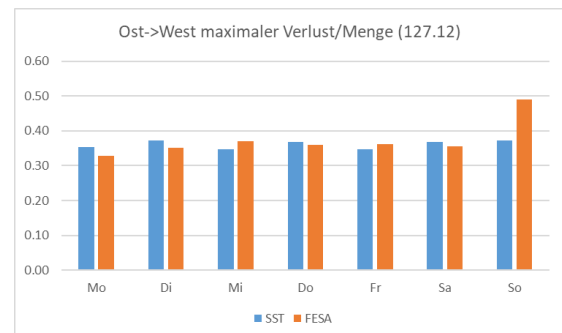
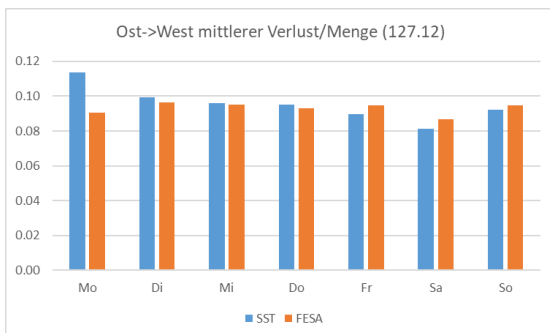
Es lohnt sich, einen Blick auf die einzelnen Segmente zu werfen. Man sieht deutlich die Effekte der unterschiedlichen Ansätze zu Regelung zwischen den beiden Verfahren, manchmal auch abhängig vom Wochentag.

9.1 LSA 215

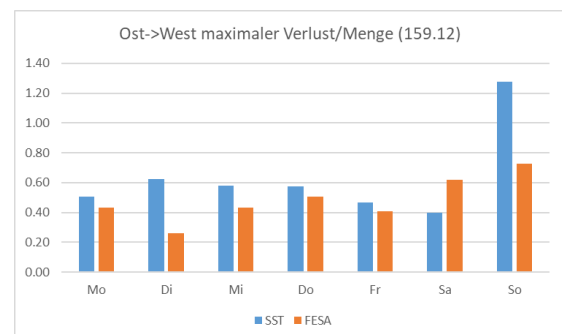
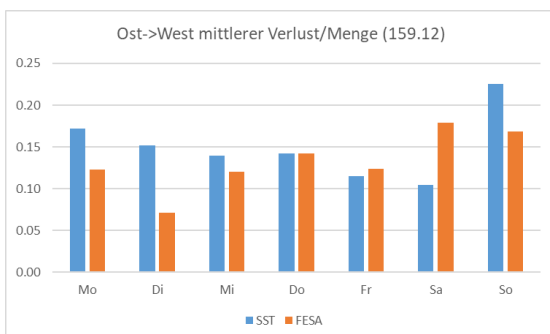


Unter der Woche liefert SST bessere Werte, am Wochenende FESA. Wir könnten darauf schliessen, dass FESA auch am Wochenende bereit wäre, mehr Verkehr abzuwickeln.

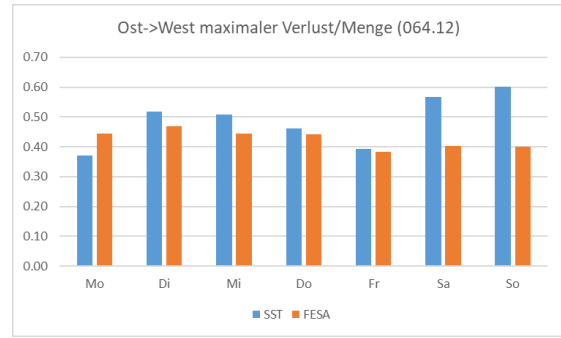
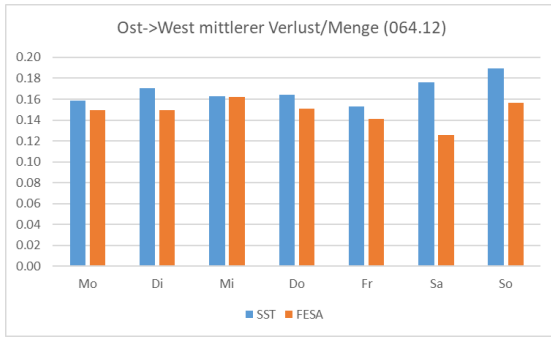
9.2 LSA 127



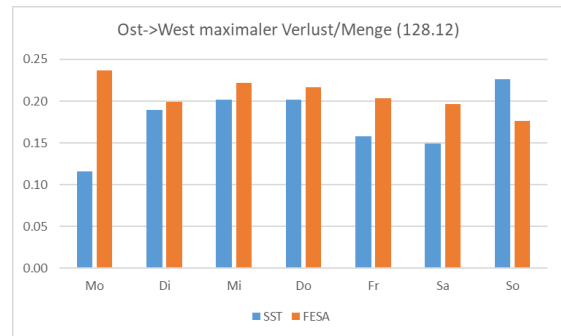
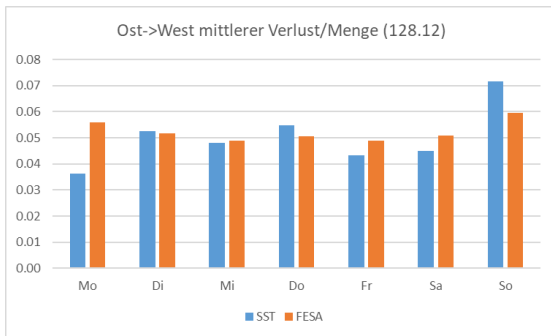
9.3 LSA 159



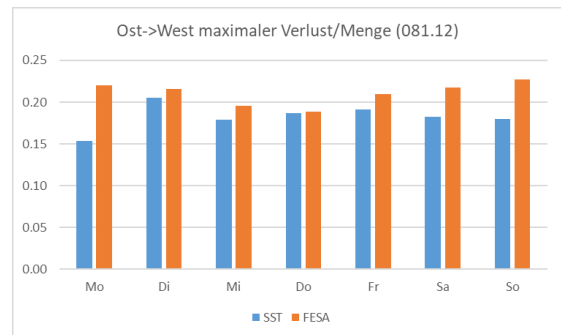
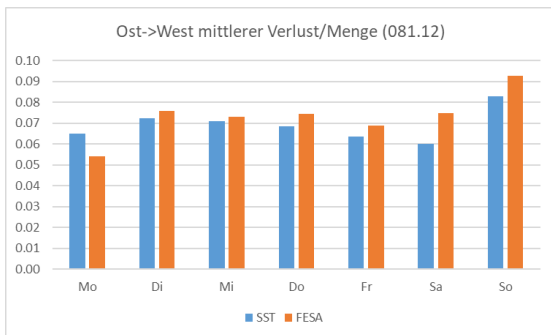
9.4 LSA 064



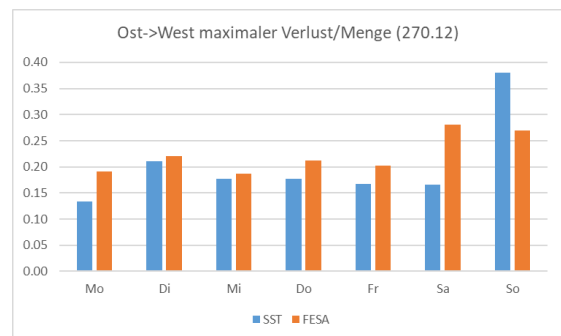
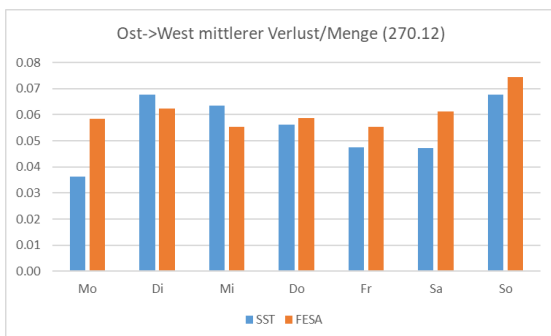
9.5 LSA 128



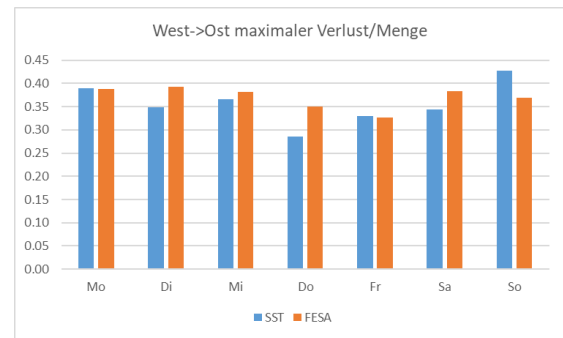
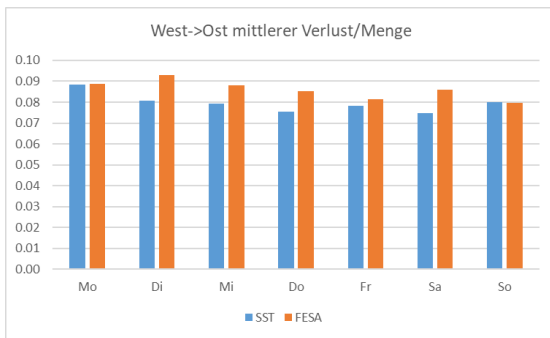
9.6 LSA 081



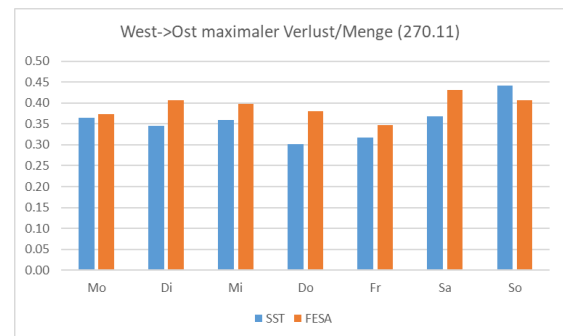
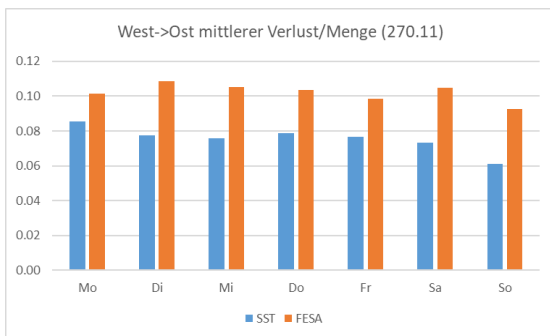
9.7 LSA 270



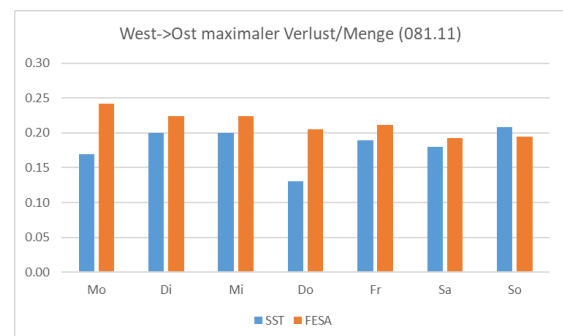
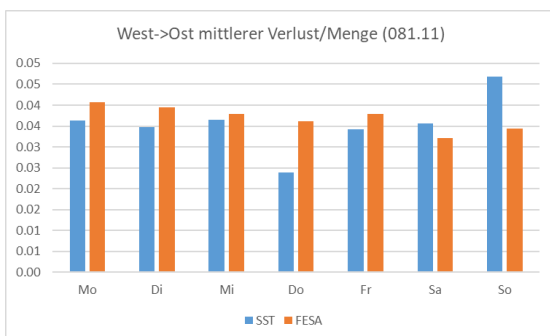
10 VERLUSTZEITINDEX PRO WOCHENTAG, OST → WEST



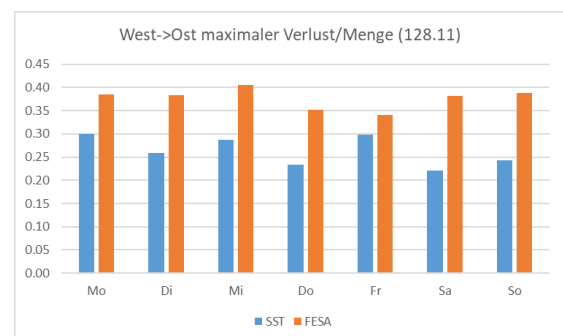
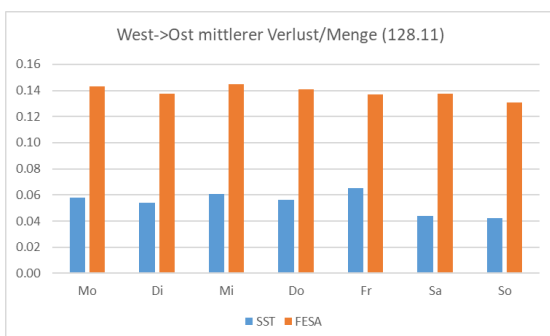
10.1 LSA 270



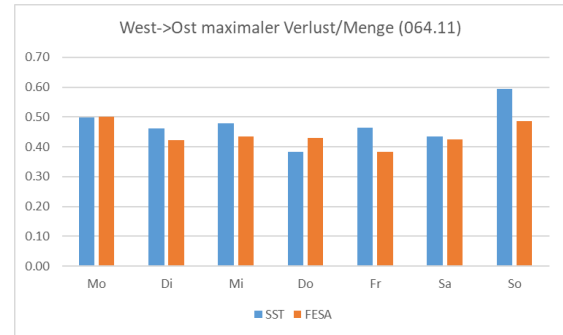
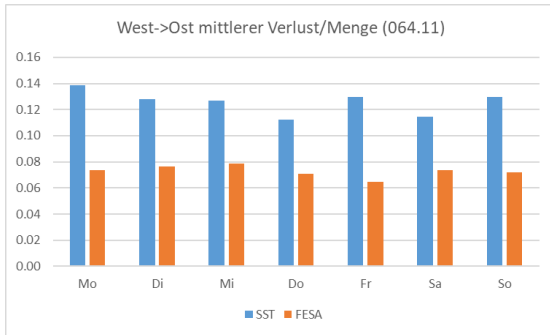
10.2 LSA 081



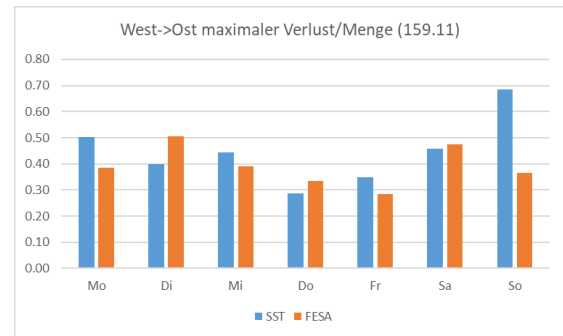
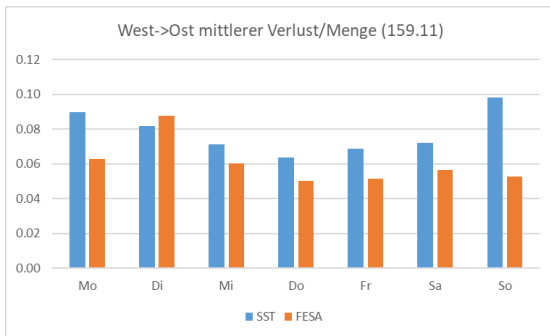
10.3 LSA 128



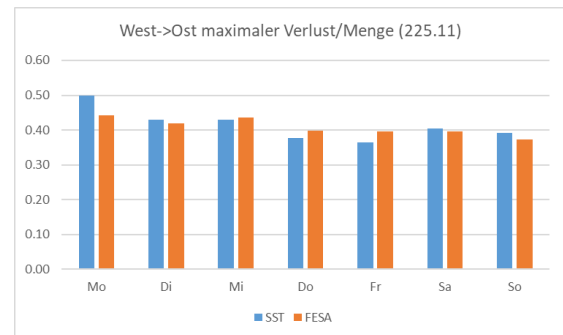
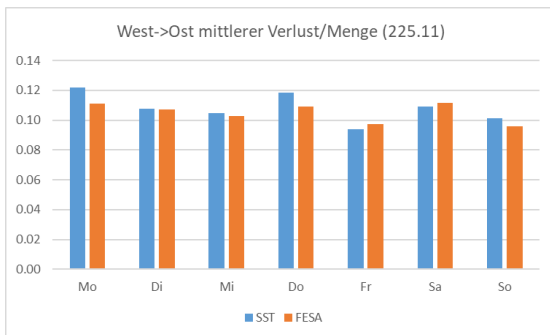
10.4 LSA 064



10.5 LSA 159

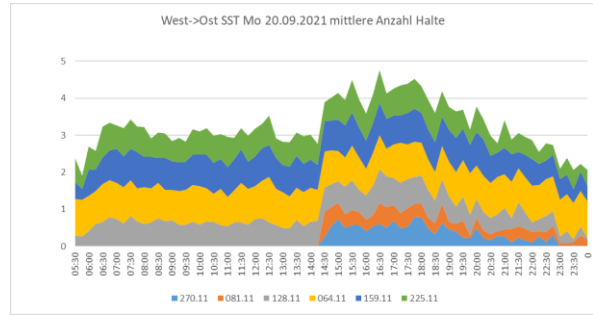
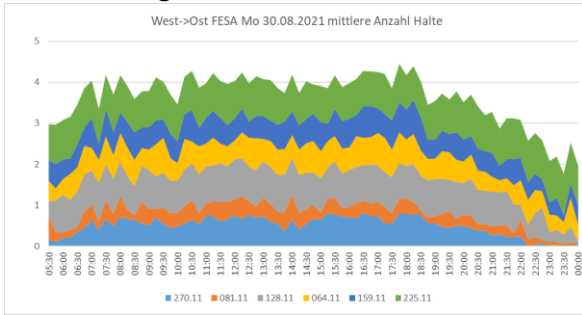


10.6 LSA 225



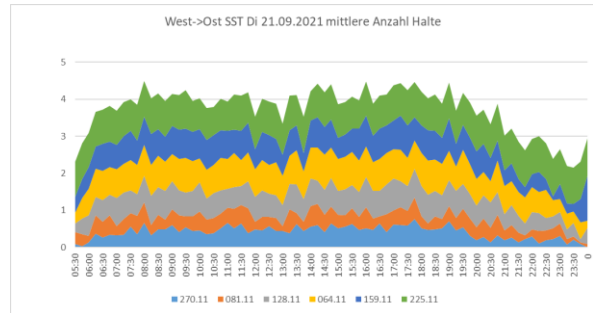
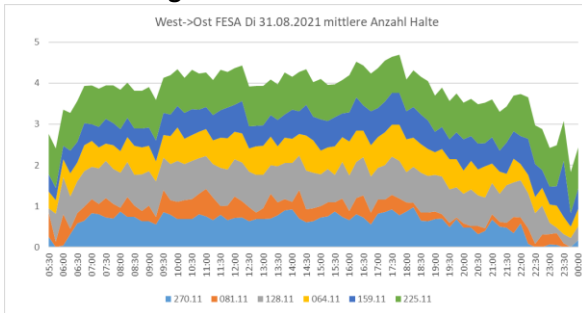
11 ANZAHL HALTE IM DETAIL, WEST → OST

11.1 Montags

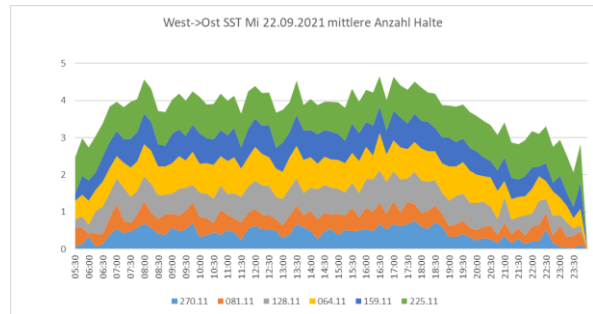
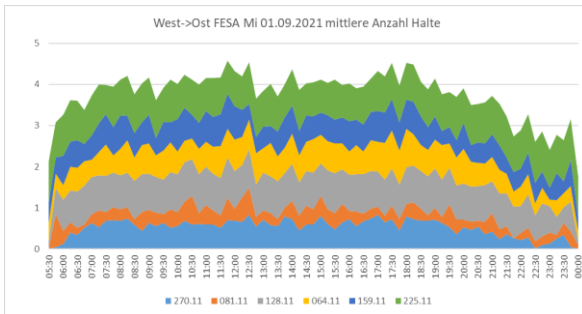


Am Montag, 20.9.2021 waren die Daten für die beiden ersten LSA erst ab Nachmittag verfügbar.

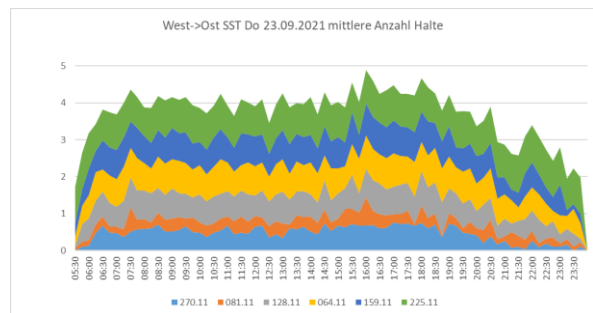
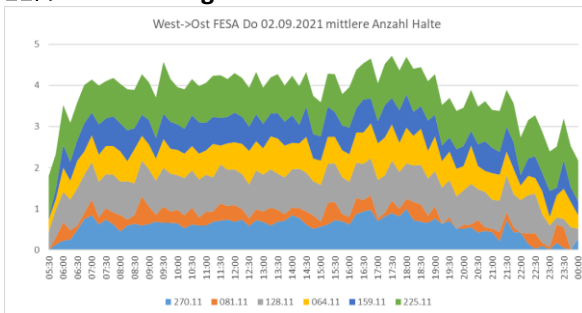
11.2 Dienstags



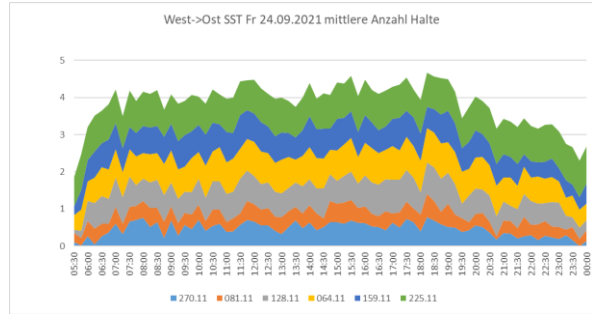
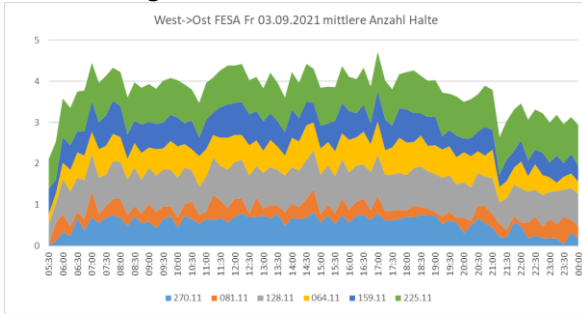
11.3 Mittwochs



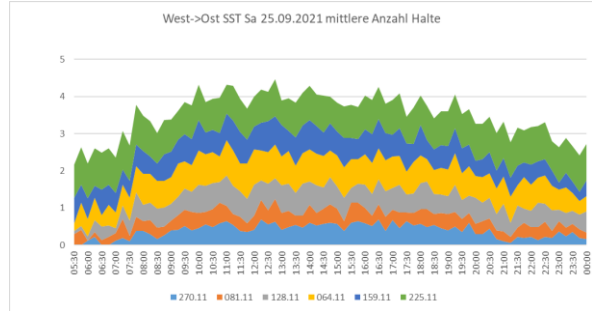
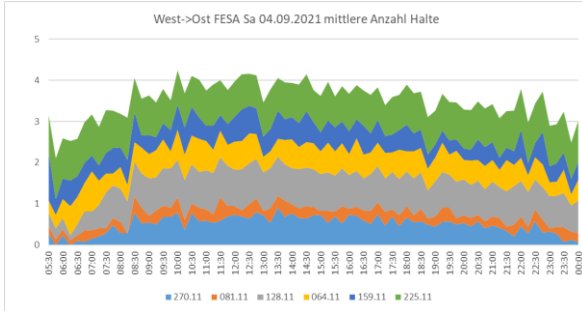
11.4 Donnerstags



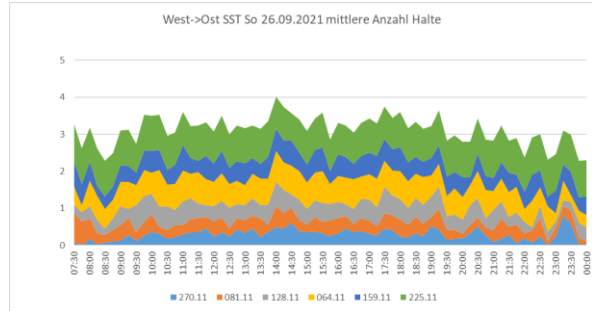
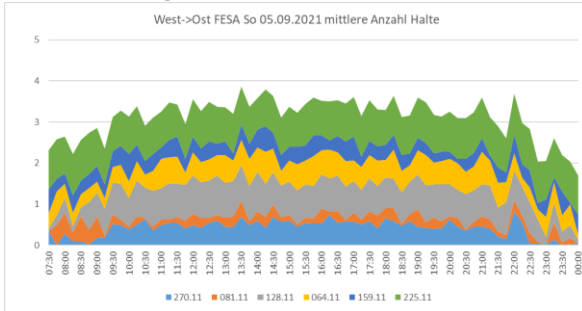
11.5 Freitags



11.6 Samstags

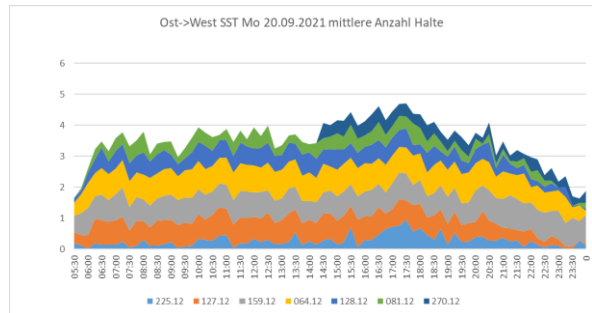
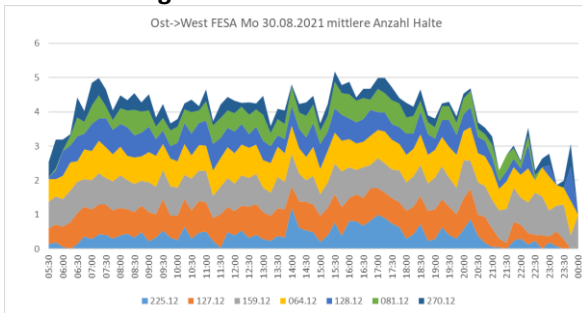


11.7 Sonntags

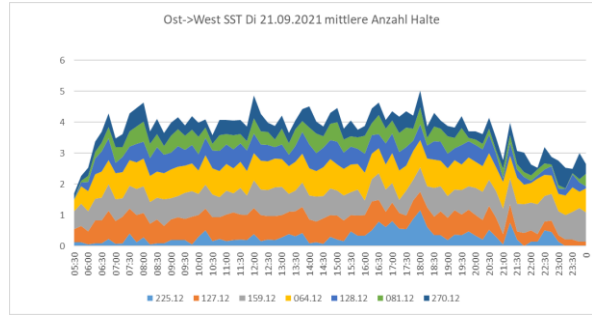
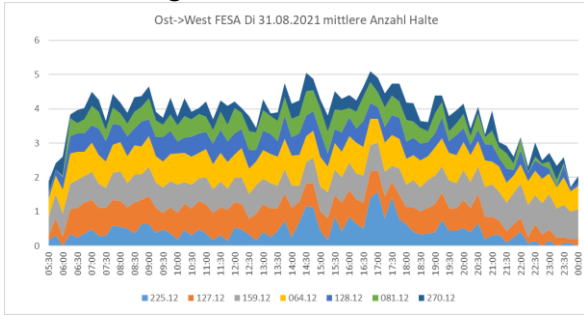


12 ANZAHL HALTE IM DETAIL, OST → WEST

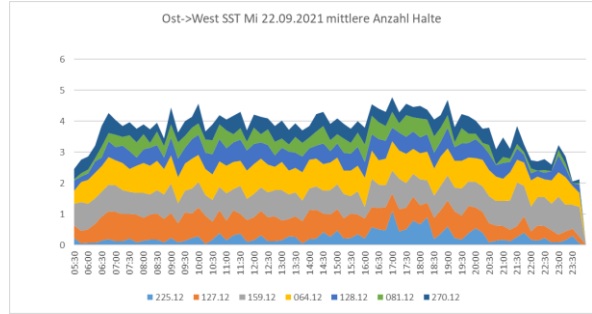
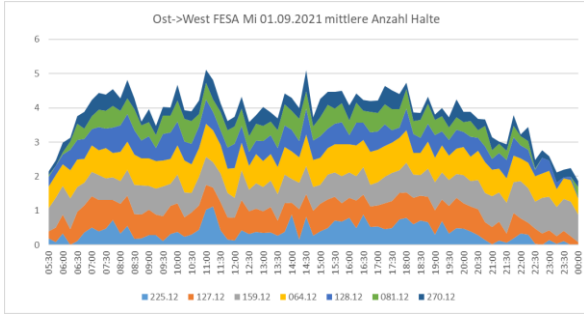
12.1 Montags



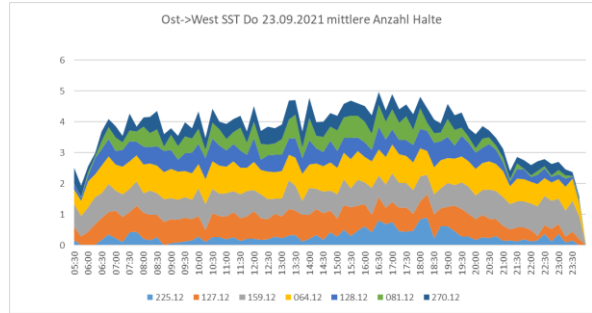
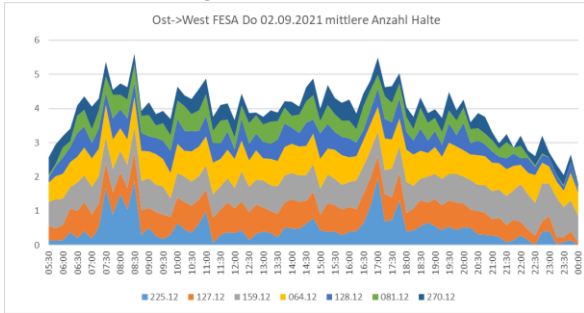
12.2 Dienstags



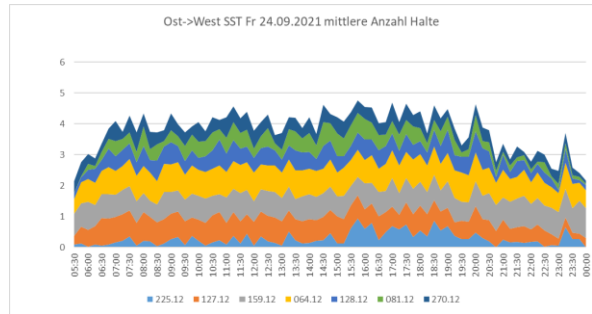
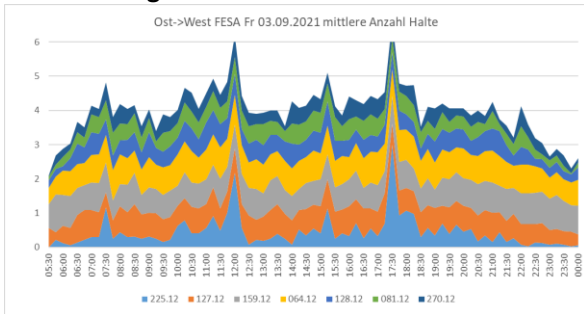
12.3 Mittwochs



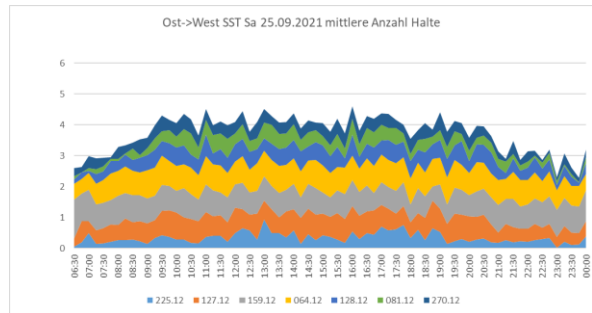
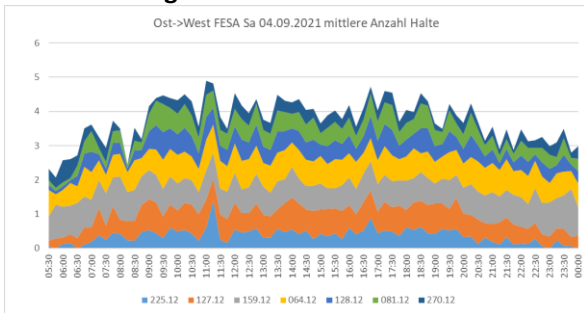
12.4 Donnerstags



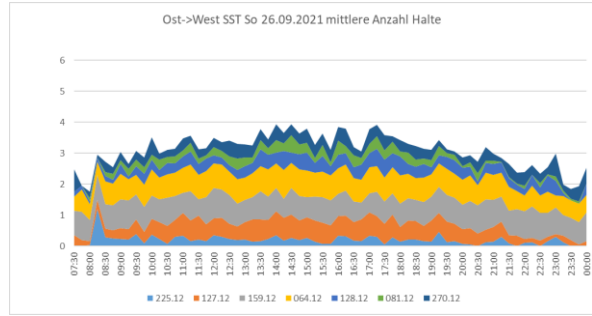
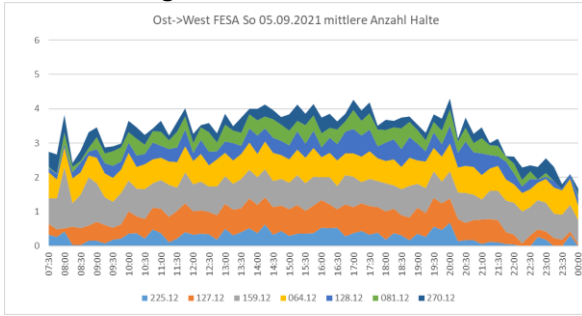
12.5 Freitags



12.6 Samstags

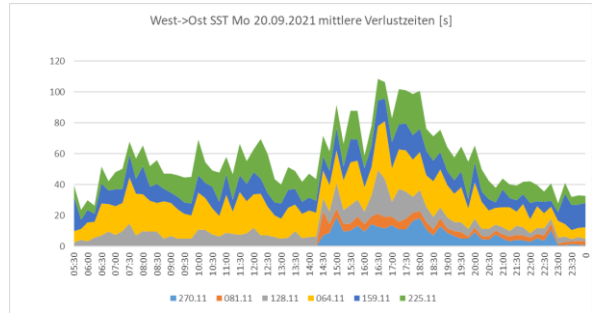
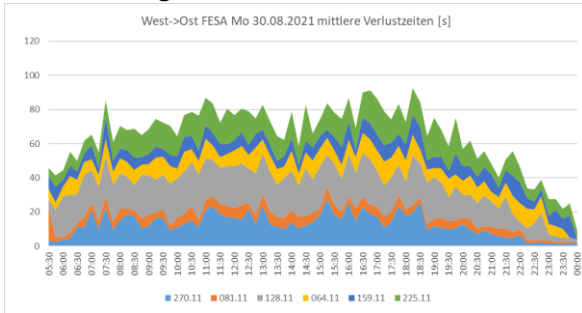


12.7 Sonntags



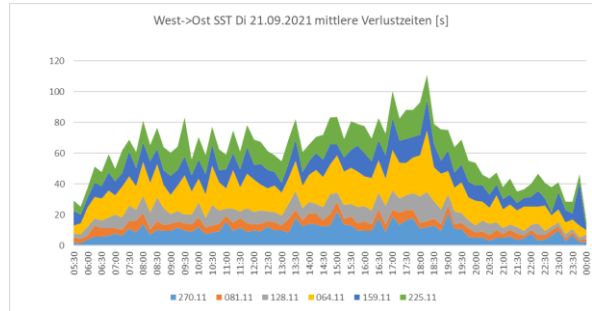
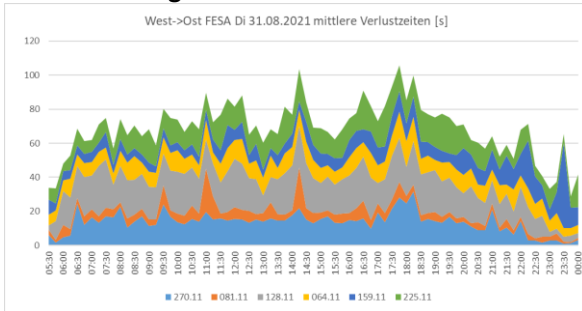
13 VERLUSTZEITEN IM DETAIL, WEST → OST

13.1 Montags

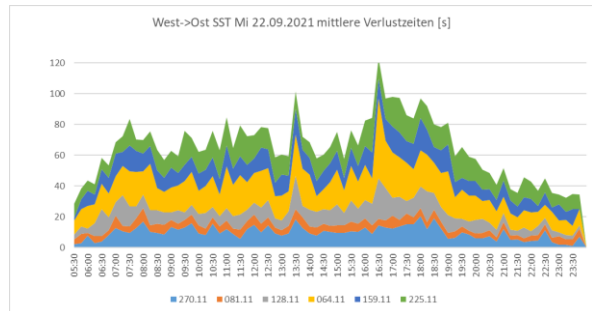
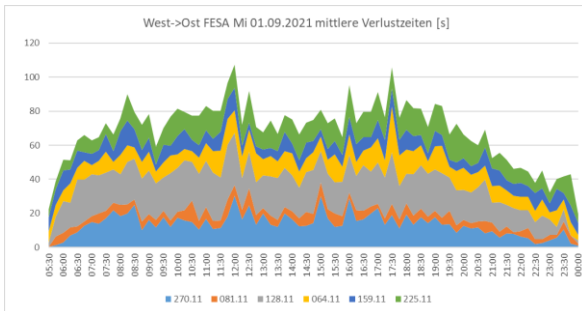


Am Montag, 20.9.2021 waren die Daten für die beiden ersten LSA erst ab Nachmittag verfügbar.

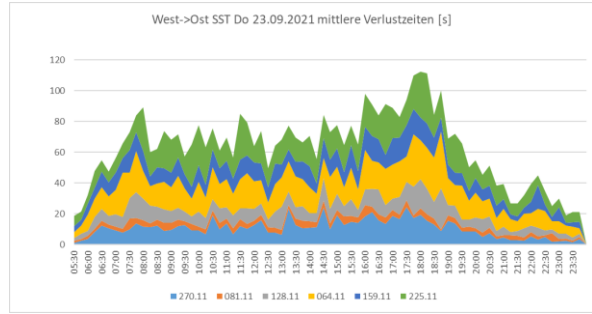
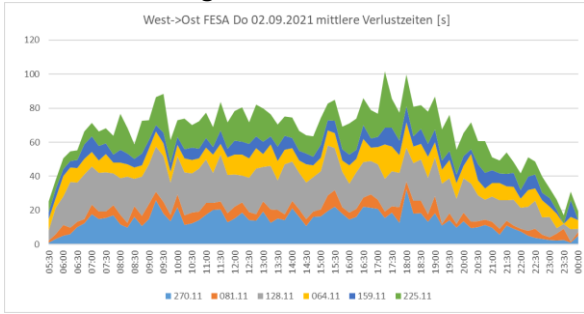
13.2 Dienstags



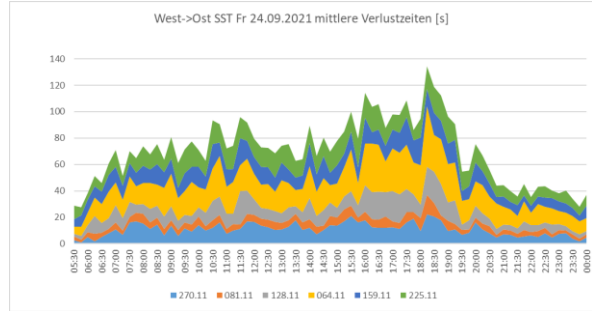
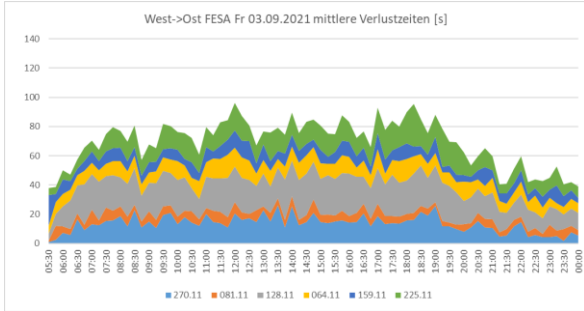
13.3 Mittwochs



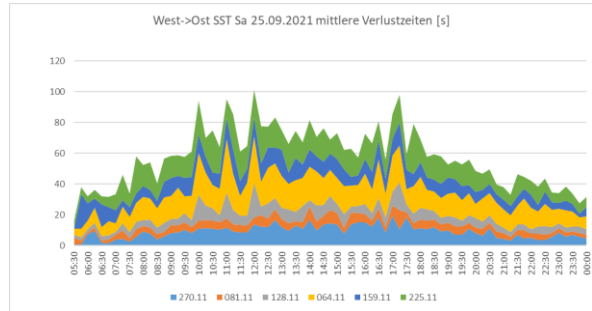
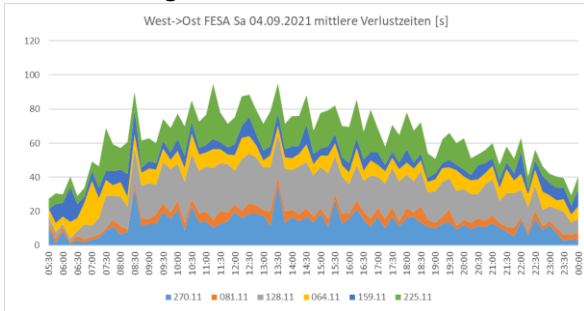
13.4 Donnerstags



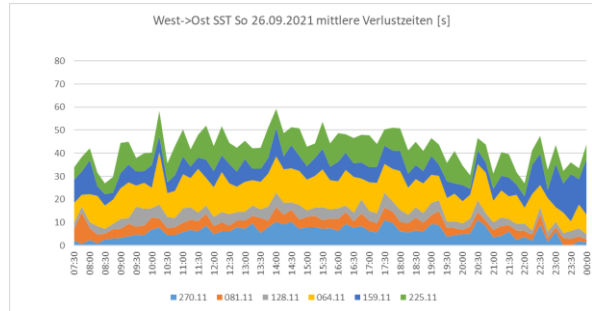
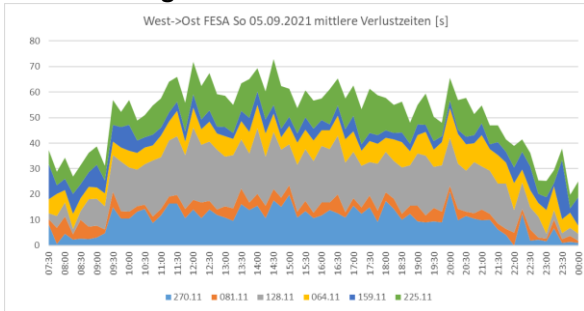
13.5 Freitags



13.6 Samstags

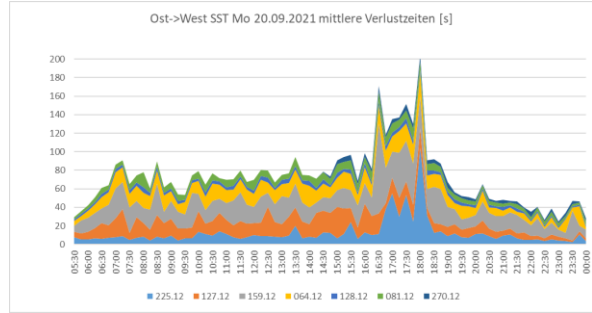
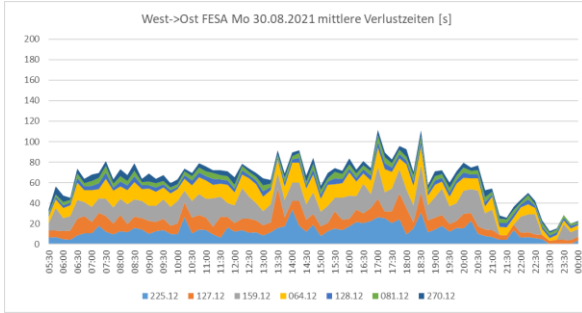


13.7 Sonntags

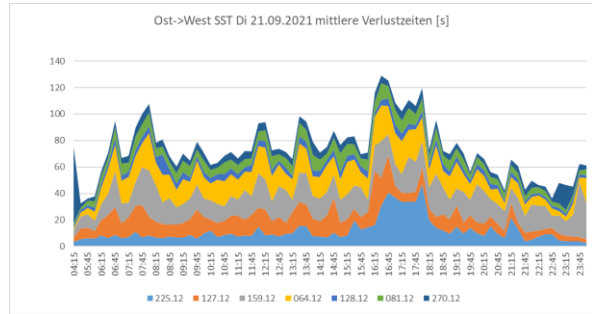
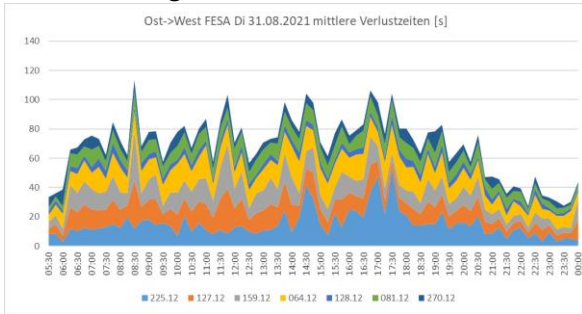


14 VERLUSTZEITEN IM DETAIL, OST → WEST

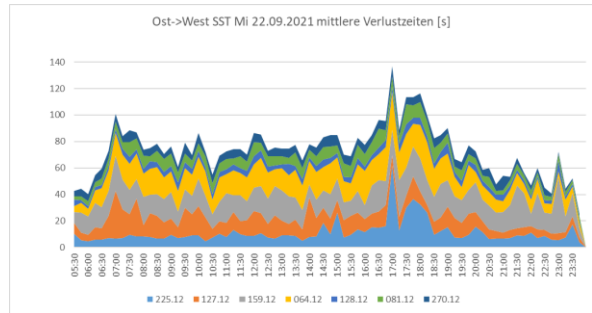
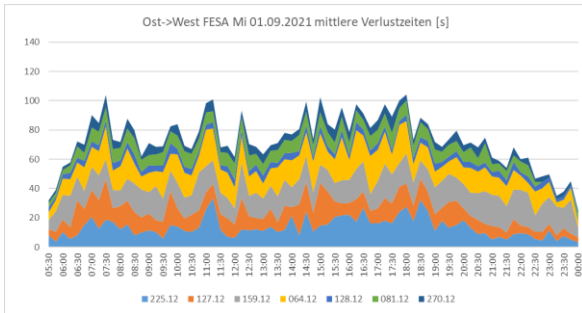
14.1 Montags



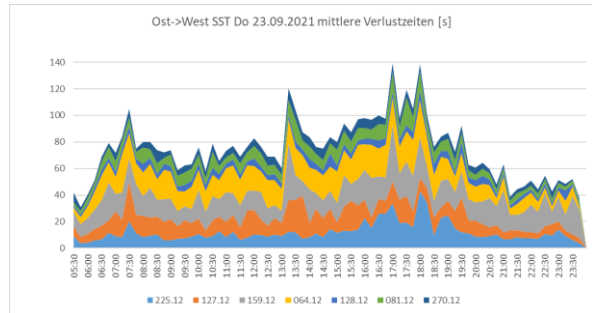
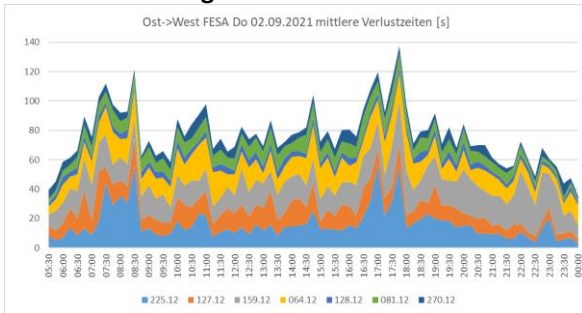
14.2 Dienstags



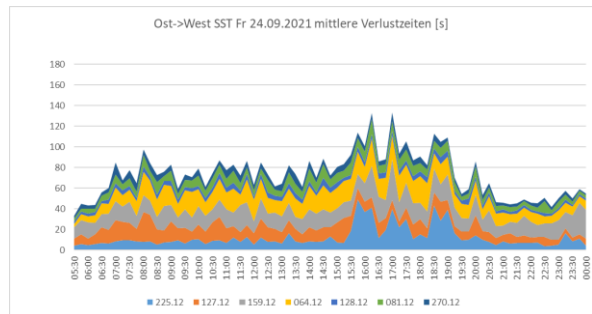
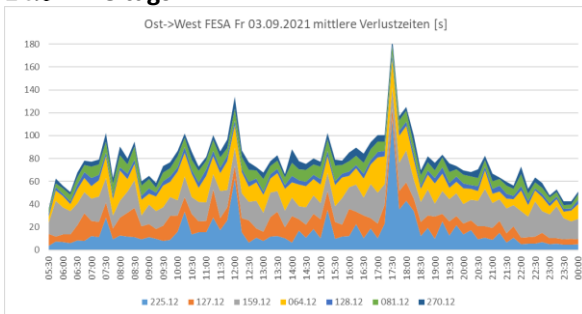
14.3 Mittwochs



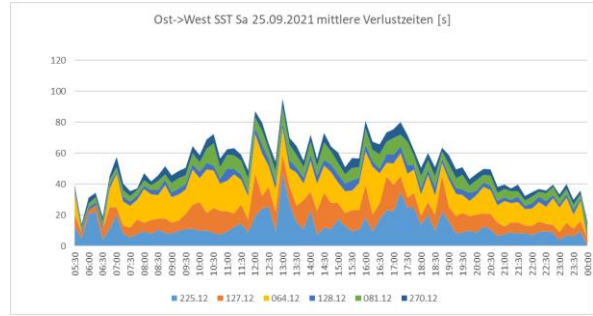
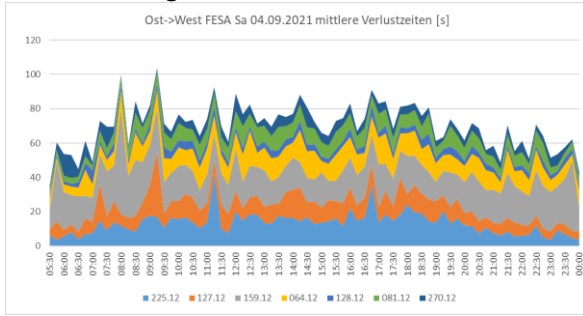
14.4 Donnerstags



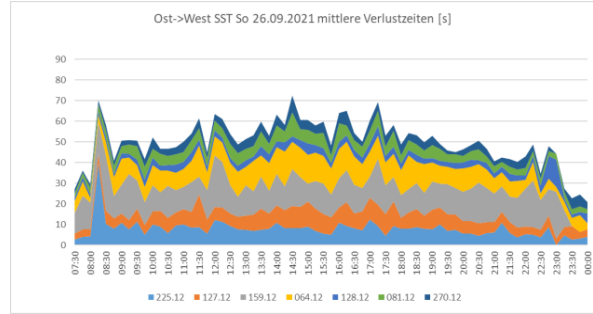
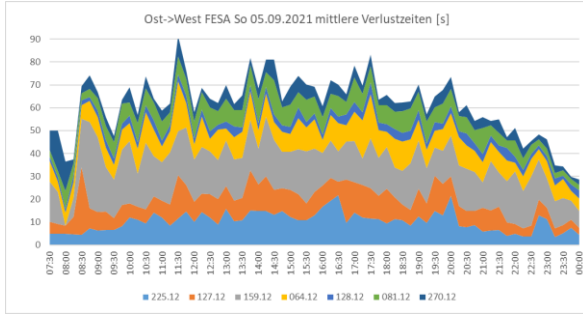
14.5 Freitags



14.6 Samstags



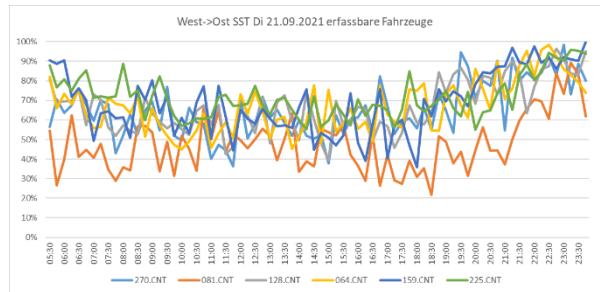
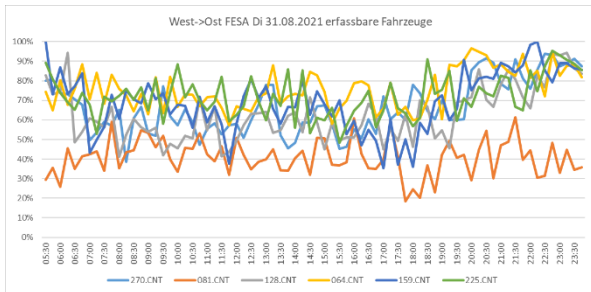
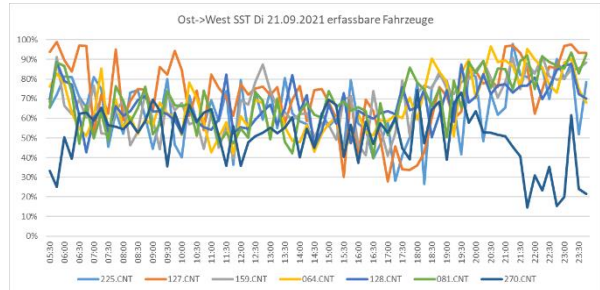
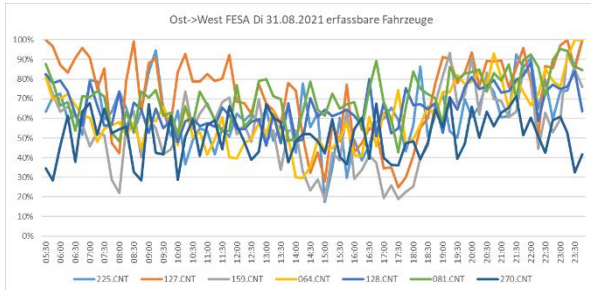
14.7 Sonntags



15 ANZAHL VERFOLGTER FAHRZEUGE

Der Prozentsatz der erfassten Fahrzeuge ist in den nächsten vier Abbildungen für beide Fahrrichtungen am 31.8. (FESA) und am 21.9. (SST) exemplarisch gezeigt. Man kann erkennen, dass er häufig im Gebiet zwischen 50% und 100 % liegt, meist pendelt er um 60% herum. Manche Strecken pendeln zwischen 30% und 50%.

Zu Randstunden kann er tief abfallen, bis auf 20%, da es schwierig sein kann, einzelne Fahrzeuge ohne die zusätzliche Information von Fahrzeugpuls zu verfolgen.

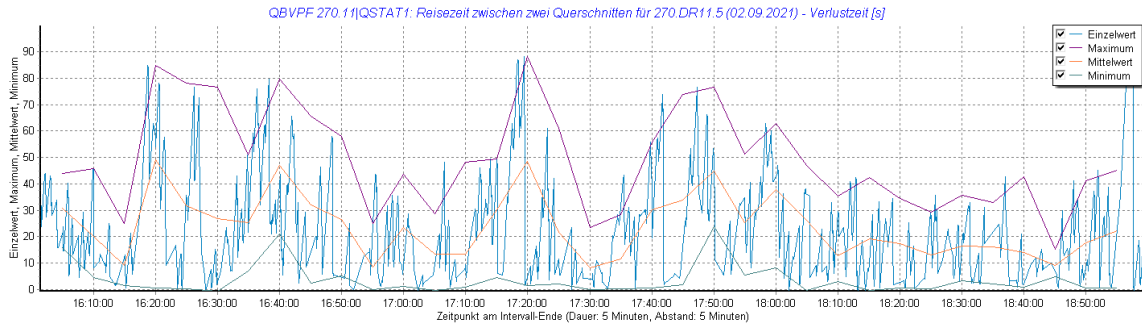


16 VERLUSTZEITEN IM DETAIL, WEST → OST

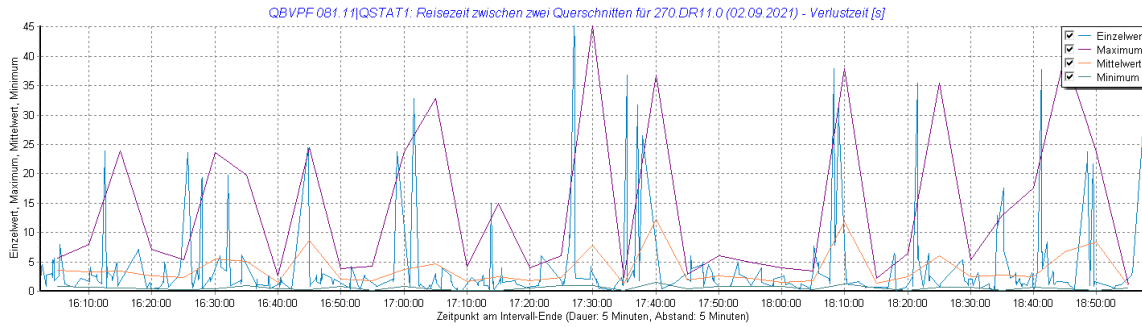
Hier werden zum Schluss noch zur Illustration detaillierte Auswertungen der Abendspitze der Donnerstage 2.9. und 23.9. gezeigt in Fahrtrichtung West nach Ost, und zwar die Verlustzeiten und die Haltezeiten. Diese Auswertungen sind zu den vorgängig gezeigten Statistiken verdichtet worden.

16.1 FESA, Abendspitze am 02.09.2021

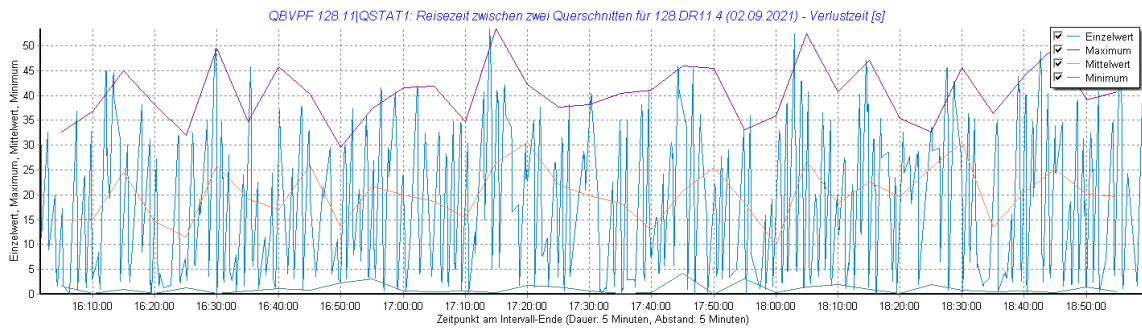
Abschnitt 270.11



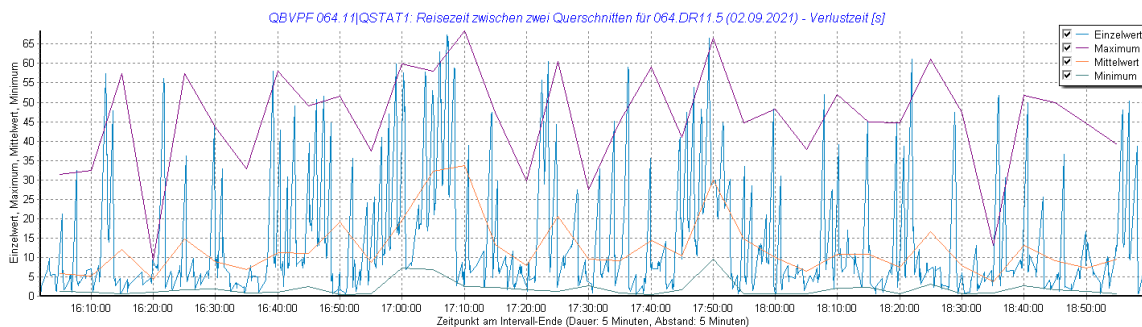
Abschnitt 081.11



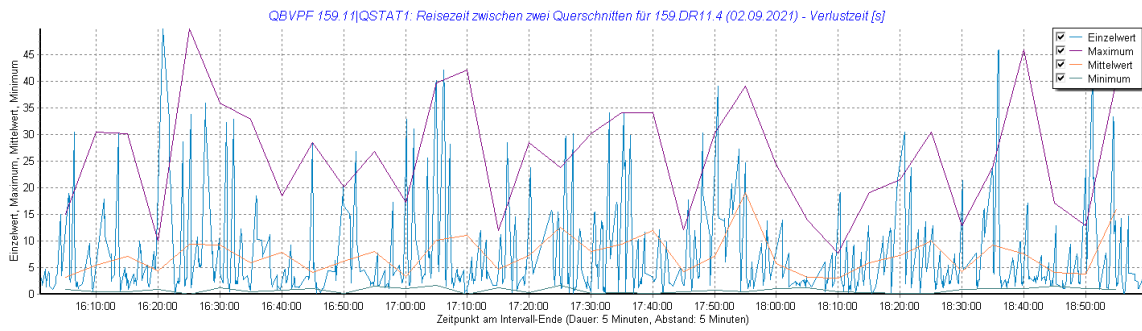
Abschnitt 128.11



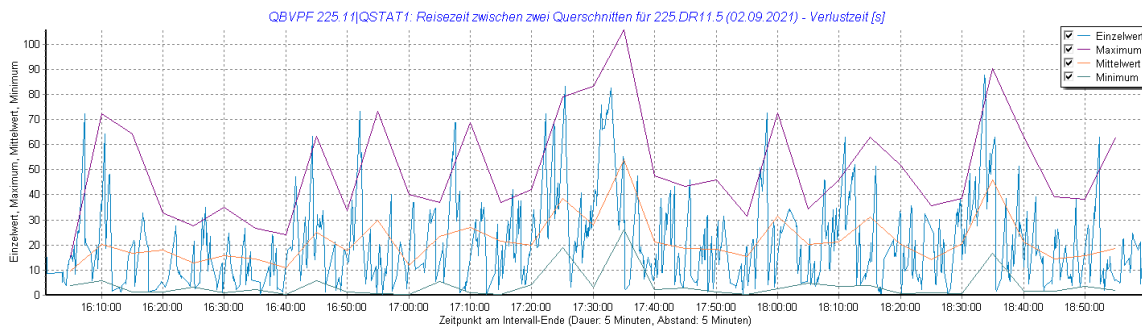
Abschnitt 064.11



Abschnitt 159.11

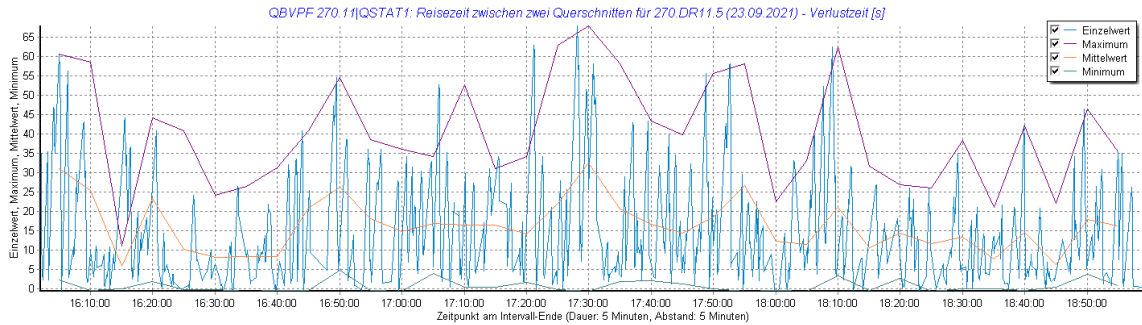


Abschnitt 225.11

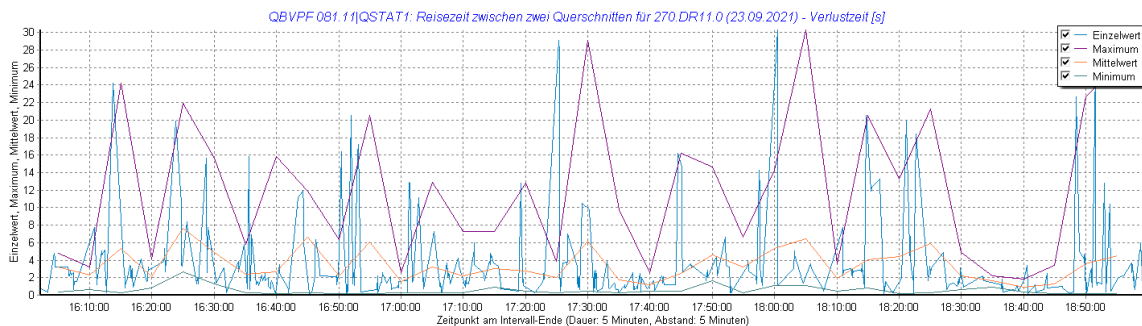


16.2 SST, Abendspitze am 23.09.2021

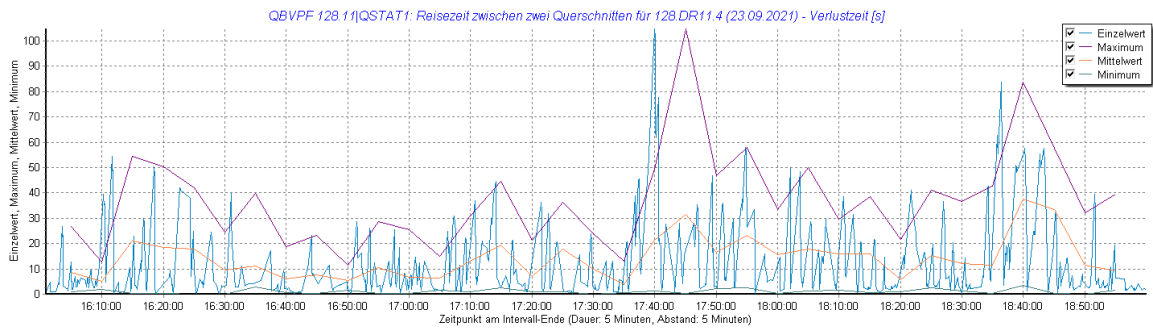
Abschnitt 270.11



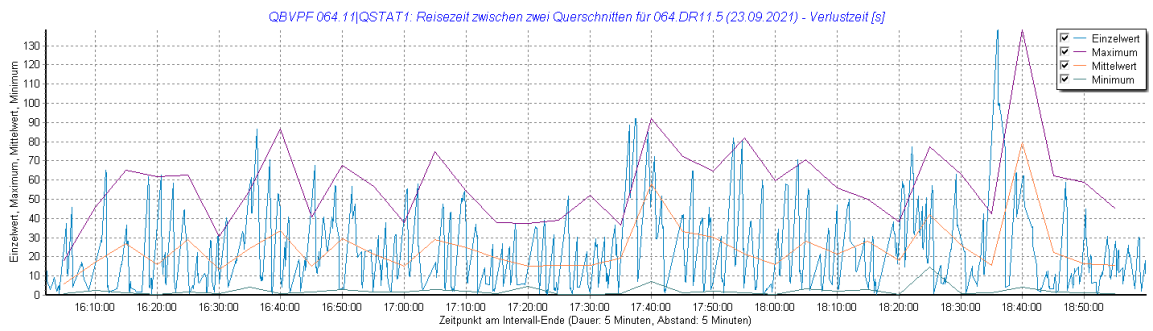
Abschnitt 081.11



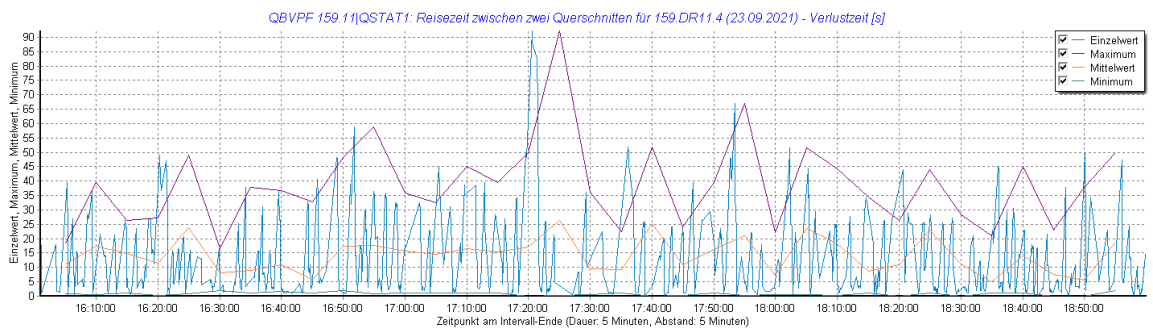
Abschnitt 128.11



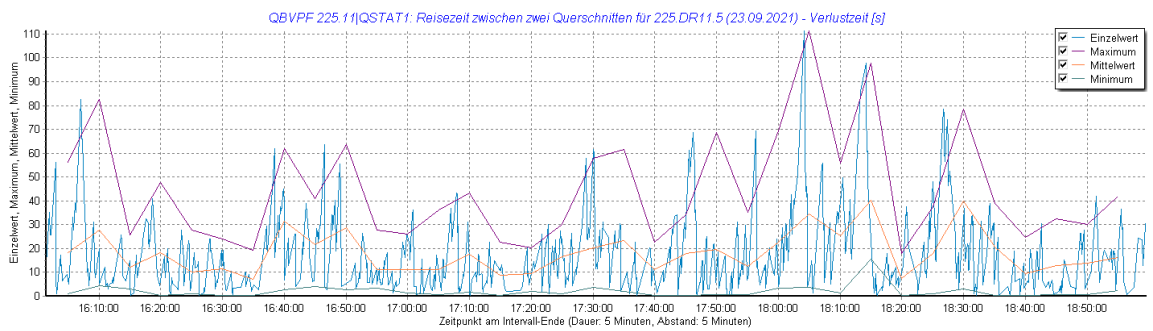
Abschnitt 064.11



Abschnitt 159.11



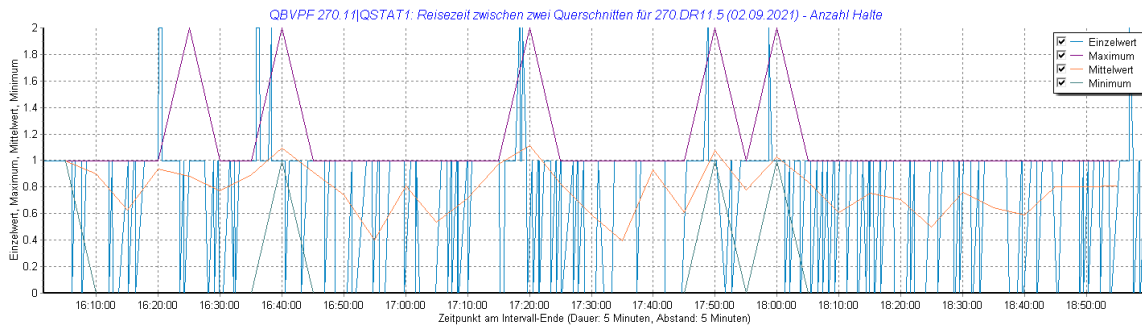
Abschnitt 225.11



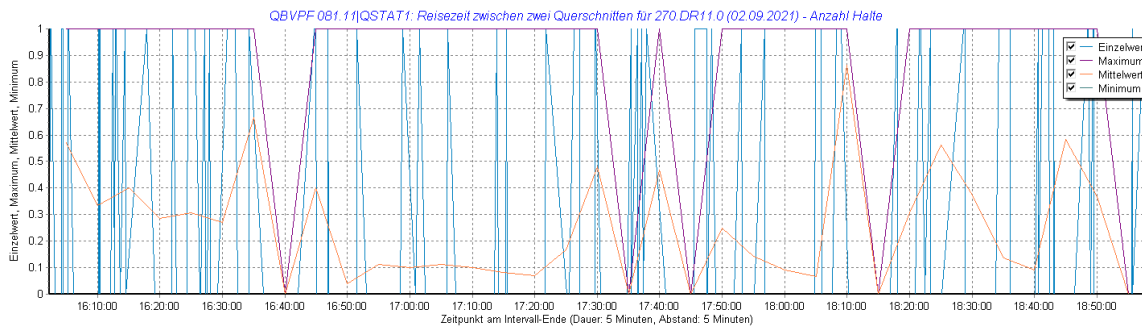
17 ANZAHL HALTE IM DETAIL, WEST → OST

17.1 FESA, Abendspitze am 02.09.2021

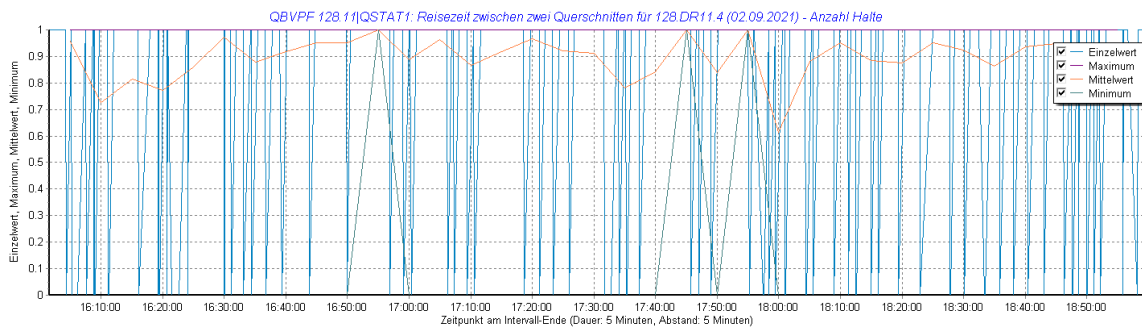
Abschnitt 270.11



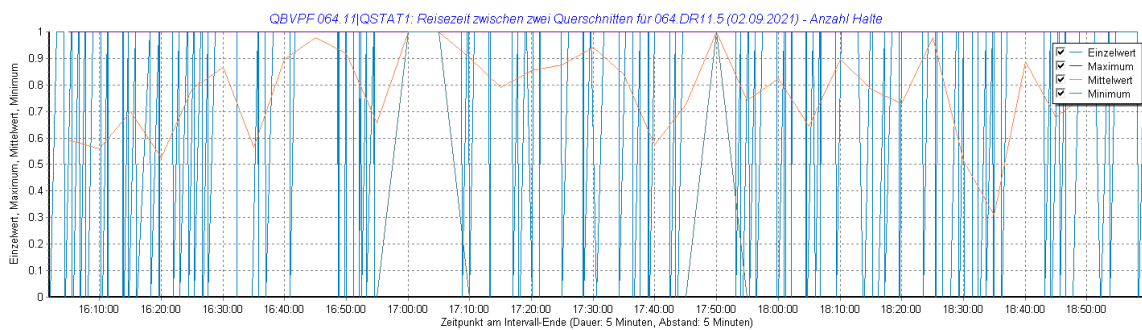
Abschnitt 081.11



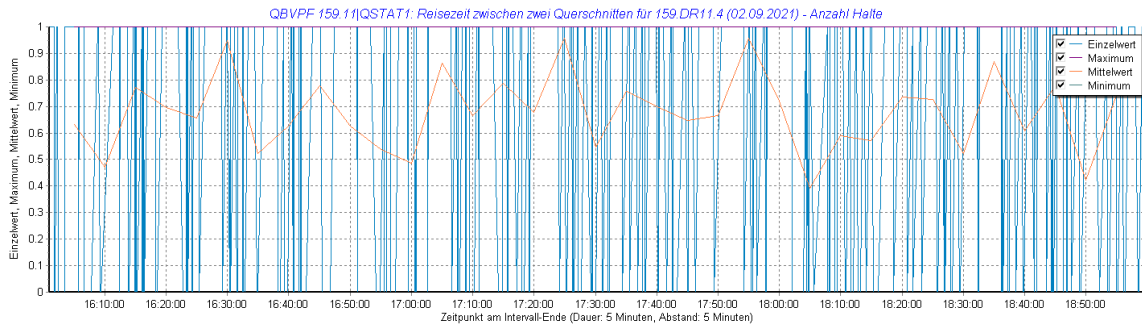
Abschnitt 128.11



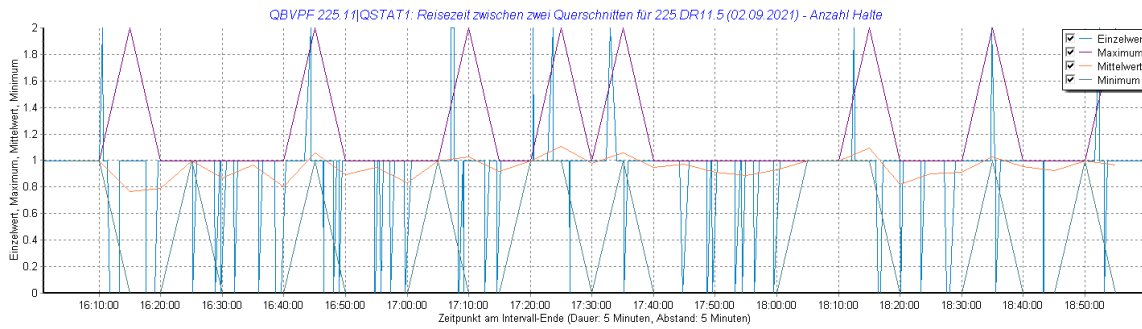
Abschnitt 064.11



Abschnitt 159.11

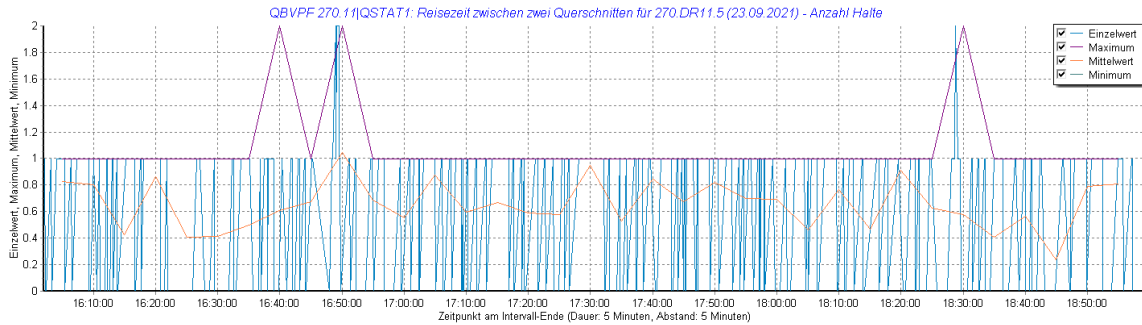


Abschnitt 225.11

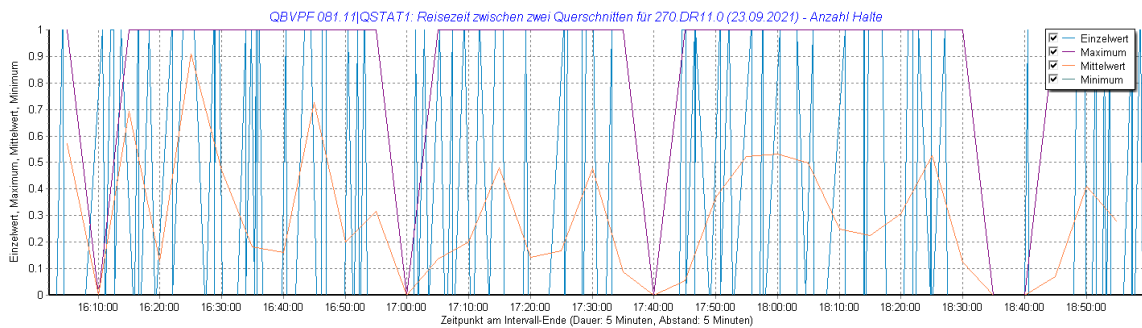


17.2 SST, Abendspitze am 23.09.2021

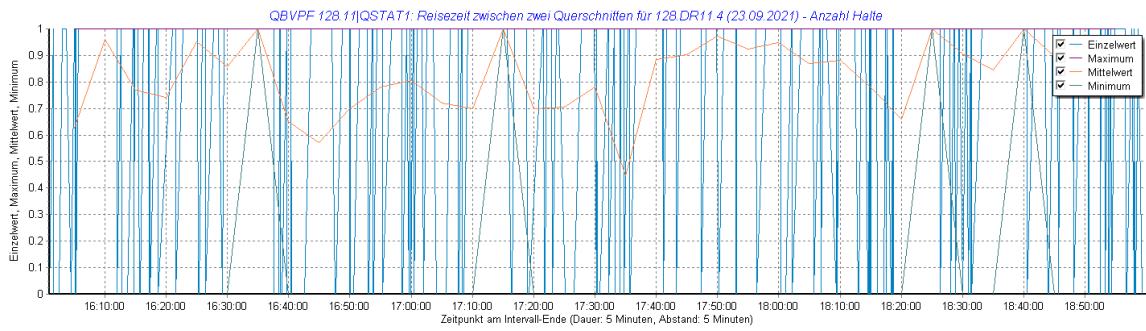
Abschnitt 270.11



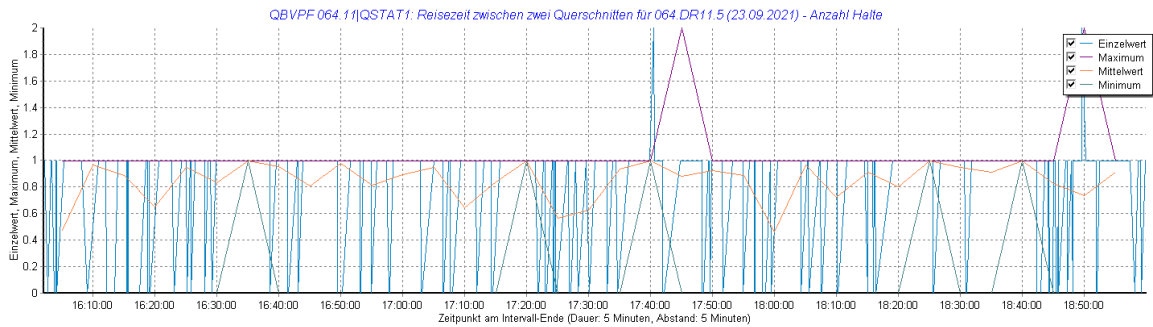
Abschnitt 081.11



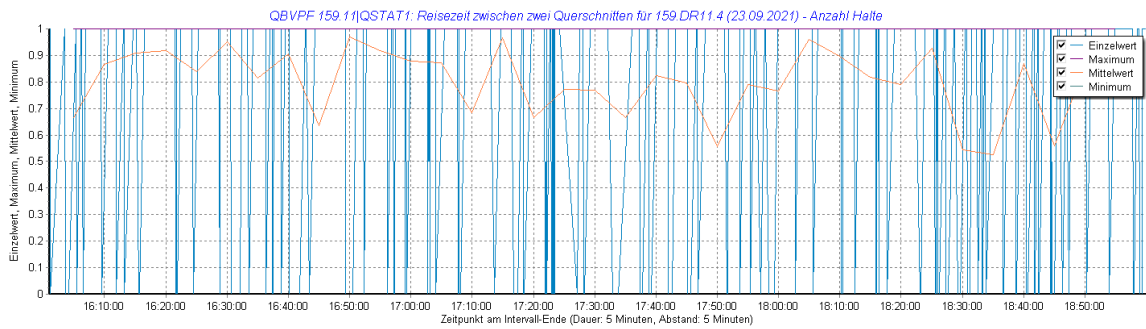
Abschnitt 128.11



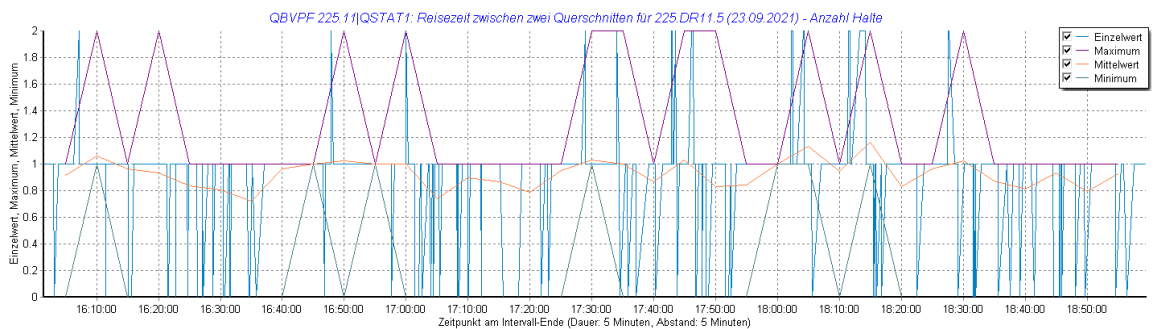
Abschnitt 064.11



Abschnitt 159.11



Abschnitt 225.11



Dokumentname / Version	Versionsdatum	Kommentare
Details der Koordinationsstrecken v00-00-01	15.12.2021	
Details der Koordinationsstrecken v00-01-00	21.12.2021	Ergänzung durch Verlustzeitenindex

Impressum

Datei: Details der Koordinationsstrecken v00-01-00.docx

Version/Datum: 00-01-00 [142] / 21.12.2021

Speicherdatum: 21.12.2021

Autor(en): Thomas Riedel

© Copyright: Adaptive Traffic Control AG