Möglichkeiten zur Ermittlung und Optimierung von Stallluftfaktoren insbesondere Staub

Veröffentlicht bei der 8. Internationalen Netzwerktagung Pferdewissen
an der Hochschule Osnabrück am 25. und 26. Oktober 2024

Unseld, H. - Nurtingen-Geislingen University of Applied Sciences.

Gallman, E. - University of Hohenheim

Winter, D. - Nurtingen-Geislingen University of Applied Sciences.

Möglichkeiten zur Ermittlung und Optimierung von Stallluftfaktoren insbesondere Staub

Unseld, H. [1]; Gallman, E.[2]; Winter, D.[1] ,

Harald.Unseld@hfwu.de

1 Nürtingen-Geislingen University of Applied Sciences.

2 University of Hohenheim

1 Einleitung

Die digitale Messung von Stallluftparametern ist in der modernen Pferdehaltung von entscheidender Bedeutung, da Stallluft das Wohlbefinden und die Gesundheit der Tiere maßgeblich beeinflusst. Feinstaubbelastungen im Pferdestall werden überwiegend durch Tiere, Futter, Einstreu und Mikroorganismen bedingt und bestehen zu ca. 90 % aus organischem Material. (Pirie 2014; Clements und Pirie 2006). Pferde können in den Ställen und Pferdeboxen sehr hohen Konzentrationen an organischen Stäuben ausgesetzt sein, die eine große Varietät von Schimmelpilzen und Keime enthalten (Woods et al. 1993). Diese könnten eine Entzündung der Atemwege fördern (McGorum et al. 1998; F.J. Derksen und P.S.A. Woods 1994). Insbesondere der organische Allergengehalt spielt bei der Pathogenese von Equinem Asthma eine entscheidende Rolle (Pirie et al. 2003). Durch die digitale Überwachung von Parametern wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Ammoniakgehalt und Staubkonzentration können die Stallbedingungen optimiert und das Risiko von Atemwegserkrankungen bei Pferden reduziert werden (Saastamoinen et al. 2015). Diese Technologie ermöglicht eine kontinuierliche Datenerfassung und bietet damit die Möglichkeit, Abweichungen von den Idealbedingungen schnell zu erkennen und entsprechend zu reagieren. Darüber hinaus kann die digitale Erfassung von Stallluftparametern zur Verbesserung der Stallbelüftung und zur Anpassung der Haltungsbedingungen genutzt werden (Herholz C. ,Kocher J., Küng P. 2020). Der Einsatz solcher Systeme unterstützt nicht nur die Gesundheit und das Wohlbefinden der Pferde, sondern kann auch zu einer nachhaltigeren und kosteneffizienteren Pferdehaltung beitragen. Der Einsatz von Ressourcen wird optimiert und der Bedarf an medizinischen Eingriffen reduziert.

2 Material und Methoden

Ziel dieser Untersuchung war es, die Luftqualität, insbesondere die Staubbelastung, in Gruppen- und Offenstallhaltung zu bewerten.

2.1 Sensoren und Geräte

Zur Feinstaubermittlung wurden drei gleichzeitig messende Sensirion SPS 30 Feinstaubsensoren eingesetzt. Ein Sensor wurde an einem handelsüblichen Pferdehalfter in 25cm Entfernung zu den Pferdenüstern angebracht. Zwei weitere SPS 30 Sensoren wurden in

50cm Höhe im Stallaußenbereich und in der Stallgasse angebracht. Es erfolgte bei allen drei Feinstaubsensoren eine Messung pro Sekunde. Weiter wurde eine PET Versuchskiste konstruiert, um den Feinstaubgehalt von Futtermittel und Einstreu unter Laborbedingungen untersuchen zu können. Die Kiste misst 400x300x380 mm (LxBxH), das Luftvolumen beträgt 45,6 Liter. Durch eine eingebaute Kurbel kann das Futtermittel bzw. die Einstreu in der Kiste bewegt werden. Auf der Oberseite der Kiste wurde ein SPS 30 Feinstaubsensor angebracht. Darüber hinaus kann durch eine Würth Ausblaspumpe (Volumen 900ml, Durchmesser: 70mm, Länge 415mm) das Ausschnauben des Pferdes in das Futtermittel simuliert werden. Das Heu (1. Schnitt, trocken eingebracht und gelagert) wurde mit einem Heubedampfer für Großballen (HD 13, Gebhardt Anlagenbau) für 2 Stunden auf 100°C erhitzt.

2.2 Methode zur Feinstaubermittlung mit Pferdehalfter

Das Pferdehalfter mit SPS 30 Feinstaubsensor wurde einem Versuchspferd (Wallach, 5 Jahre, dt. Sportpferd) angelegt. Die weiteren Feinstaub- und Luftsensoren wurden in der Stallgasse und im Außenbereich angebracht (s. 2.1). Bedampftes und unbedampftes Heu wurden dem Pferd lose gefüttert. Die Messungen erfolgten jeweils für 15 Minuten.

2.3. Methode zur Feinstaubermittlung mit PET Versuchsbox

Für die Versuchskiste wurden je drei Proben unbedampftes und bedampftes Heu aus verschiedenen Stellen bis zum Kern des Großballen entnommen. Jede Probe wurde auf 300g abgewogen.

Der Feinstaubgehalt jeder der drei Proben wurde in drei Durchgängen je Probe ermittelt und die Ergebnisse kumuliert, die Dauer je Messung betrug zehn Minuten. Zu Beginn jeder Messung wurde das Heu durch eine Drehung der Kurbel um 90° nach links und 90° nach rechts (Simulation der Kopfbewegung des Pferdes im Heu) bewegt. Nach jedem Durchgang wurde die Box gründlich gereinigt.

2.4. Methode zur Feinstaubermittlung bei Einstreu in der Pferdeinnenbox

Eine Pferdeboxinnenbox 7,54x2,80x3,80 (LxBxH in Meter) wurde mit 350 kg Weizenstroh (jeweils bedampft und unbedampft) händisch eingestreut. Hierbei wurde der einstreuenden Person ein Sensirion SPS 30 Feinstaubsensor im Nasenbereich angebracht. Die Staubmessung erfolgte bei bedampftem und unbedampfem Stroh für jeweils 12 Minuten. Luftgeschwindigkeit, Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden mit Testosensoren (605i und 405i) gemessen. Die Montagehöhe der weiteren Staubsensoren betrug 1,5 m über dem Boden mittig im Gebäude.

2.4. Auswertung der Daten

Die erhobenen Feinstaubwerte wurden mit der Software Sensirion Control Center (Vers. 1.39.1) erfasst und im .csv Format abgespeichert. Die Aufteilung erfolgte in den Partikelgrößen

PM 1.0, PM 2.5 und PM 10, das Partikelgewicht wurde in µg/m³ angegeben. Die Klimadaten wurden mit der Testo Smart App (Vers. 26.9.6) erfasst und ebenfalls im .csv Format abgespeichert. Die Verarbeitung und Auswertung der Daten erfolgte mit Microsoft Excel (Vers. 2021) und IBM SPSS Statistics (Vers.30.0.0).

3 Ergebnisse

Es ergaben sich deutliche Feinstaubunterschiede zwischen bedampftem und unbedampftem Heu in allen Versuchen.

3.1 Feinstaubwerte mit Feinstaubsensor am Halfter

Der Median zwischen bedampftem und unbedampftem Heu lag bis auf PM 10 nahe zusammen. Unbedampftes Heu verzeichnete jedoch geringere Maximalwerte und die Standardabweichung war sehr gering (*Tabelle 1*).

Tabelle 1: Fütterung von losem Heu an der Heuraufe. Das Pferd trug hierbei ein Halfter mit Feinstaubsensor. Untersuchungsdaten je Partikelgröße (PM): Heu bedampft n=3.477, Heu unbedampft n=2.489. N=17.898, Einheiten in µg/m³.

Heu lose mit Feinstaubsensorhalfter						
	PM 1.0 bedampft	PM 2.5 bedampft	PM 10 bedampft	PM 1.0 unbedampft	PM 2.5 unbedampft	PM 10 unbedampft
Median µg/m³	23	25	26	27	27	89
Std.-Abweichung µg/m³	4	5	7	60	154	266
Minimum µg/m³	4	5	7	0	0	0
Maximum µg/m³	93	131	171	518	1447	2568

3.2 Feinstaubwerte mit PET Versuchsbox

Durch die Heubedampfung reduzierte sich der Feinstaubwert in der Partikelgröße PM 1.0 und PM 2.5 um 73%, in der Partikelgröße PM 10 um 70 % (*Tabelle 2*2).

Tabelle 2: Ergebnisse PET Heukiste. Untersuchungsdaten je Partikelgröße (PM): Heu bedampft n=1.790, Heu unbedampft n=1.801, N=10.773.

PET Versuchsbox mit Kurbel						
	PM 1.0 bedampft	PM 2.5 bedampft	PM 10 bedampft	PM 1.0 unbedampft	PM 2.5 unbedampft	PM 10 unbedampft
Median µg/m³	12	34	62	44	124	222
Std.-Abweichung µg/m³	10	31	57	27	83	151
Minimum µg/m³	1	2	2	1	1	1
Maximum µg/m³	67	185	328	154	502	924

3.3 Feinstaubwerte Einstreu Pferdeinnenbox

Die Bedampfung von Weizenstroh zeigte eine deutliche Reduzierung der Feinstaubemission in alle Partikelgrößen. Herbei wurde eine Feinstaubreduktion in der Partikelgröße PM 1.0 um 92% , in der Partikelgröße PM 2.5 um 94% und in der Partikelgröße PM 10 um 90% erreicht (*Tabelle 3*).

Tabelle 3: Ergebnisse der händischen Einstreu einer Pferdeinnenbox mit Weizenstroh. Untersuchungsdaten je Partikelgröße (PM): Stroh bedampft n=840, Stroh unbedampft n=830, N=5.010.

Einstreu Pferdeinnenbox mit Weizenstroh						
	PM 1.0 bedampft	PM 2.5 bedampft	PM 10 bedampft	PM 1.0 unbedampft	PM 2.5 unbedampft	PM 10 unbedampft
Median µg/m³	5	12	19	63	198	363
Std.-Abweichung µg/m³	18	59	108	167	571	1053
Minimum µg/m³	2	2	3	3	3	3
Maximum µg/m³	86	275	499	623	2119	3905

4 Diskussion

Durch die Bedampfung von Heu und Stroh lässt sich der Feinstaubgehalt aller Partikelgrößen deutlich reduzieren Die Reduzierung von Staub trägt entscheidend zur Verbesserung der Luftqualität im Stall bei (Pirie et al. 2003; Woods et al. 1993). Vor allem Einstreu wie Stroh weisen unbehandelt hohe Feinstaubwerte auf (Herholz C. ,Kocher J., Küng P. 2020). Im Zuge dieser Promotionsarbeit wird mit weiteren digitalen Sensoren für Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, sowie NH_3 und biotischer Luftkeimmessung gearbeitet. Die Ergebnisse stehen hierfür noch aus. Die Aufnahme von bedampftem Stroh und dessen Auswirkungen auf die

Verdauungsphysiologie, insbesondere Kotwasser und Inhaltsstoffe, wird im Laufe dieser Promotionsstudie noch weiter untersucht.

5 Zusammenfassung

Zum gegenwärtigen Stand dieser Arbeit kann davon ausgegangen werden, dass bedampftes Heu und Stroh deutlich zur Optimierung der Pferdegesundheit, sowie der Feinstaubreduzierung in den Pferdeställen beitragen kann. Die Arbeit zeigt, dass sowohl Feinstaubemissionen am Pferd mit Halfter in der Praxis, als auch unter Laborbedingungen in der Versuchsbox untersucht werden können. Die Ergebnisse der thermischen Behandlung von Futtermittel und Einstreu sind in beiden Versuchsbedingungen überzeugend.

6 Literaturverzeichnis

Clements, J. M.; Pirie, R. S. (2006): Respirable dust concentrations in equine stables. Part 1: Validation of equipment and effect of various management systems. In: *Veterinary Science* 2006 (83), S. 256–262. Online verfügbar unter https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034528806002396, zuletzt geprüft am 26.07.2023.

F.J. Derksen; P.S.A. Woods (1994): Chronic lung disease in the horse: role of aeroallergens and irritants and methods of evaluation. Equine Practice., 16, zuletzt geprüft am 17.02.2024.

Herholz C. ,Kocher J., Küng P. (2020): Pferdegesundheit: Staub- und Ammoniakemissionen von acht verschiedenen Einstreumaterialien. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL. Online verfügbar unter https://www.agrarforschungschweiz.ch/2020/11/pferdegesundheit-staub-und-ammoniakemissionen-von-acht-verschiedenen-einstreumaterialien/, zuletzt aktualisiert am 21.02.2023.

McGorum, B. C.; Ellison, J.; Cullen, R. T. (1998): Total and respirable airborne dust endotoxin concentrations in three equine management systems. In: *Equine veterinary journal* 30 (5), S. 430–434. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1998.tb04514.x.

Pirie, R. S. (2014): Recurrent airway obstruction: a review. In: *Equine veterinary journal* 46 (3), S. 276–288. DOI: 10.1111/evj.12204.

Pirie, R. S.; Collie, D. D. S.; Dixon, P. M.; McGorum, B. C. (2003): Inhaled endotoxin and organic dust particulates have synergistic proinflammatory effects in equine heaves (organic dust-induced asthma). In: *Clinical and experimental allergy : journal of the British Society for Allergy and Clinical Immunology* 33 (5), S. 676–683. DOI: 10.1046/j.1365-2222.2003.01640.x.

Saastamoinen, Markku; Särkijärvi, Susanna; Hyyppä, Seppo (2015): Reducing Respiratory Health Risks to Horses and Workers: A Comparison of Two Stall Bedding Materials. In: *Animals : an open access journal from MDPI* 5 (4), S. 965–977. DOI: 10.3390/ani5040394.

Woods, P. S.; Robinson, N. E.; Swanson, M. C.; Reed, C. E.; Broadstone, R. V.; Derksen, F. J. (1993): Airborne dust and aeroallergen concentration in a horse stable under two different management systems. In: *Equine veterinary journal* 25 (3), S. 208–213. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1993.tb02945.x.

UNIVERSITY OF HOHENHEIM

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

Möglichkeiten zur digitalen Ermittlung und Optimierung von Stallluftfaktoren insbesondere Staub

Einleitung

- Equines Asthma ist eine häufig vorkommende Erkrankung und wird durch zu viel Staub in den Stallungen verusacht.
- Staub in Pferdestallungen besteht zu ca.90% aus org. Material (1)
- Staub kann eine hohe Varietät an Schimmelpilzen und Keimen enthalten. (2)
- Digitale Überwachung der Stallluftfaktoren, (Staub, H2O, Temp., NH3), kann das Risiko von Atemwegserkrankungen reduzieren. (3)
- Digitale Erfassung von Stallluftfaktoren kann zur Optimierung der Belüftung und Anpassung der Haltungsbedingungen genutzt werden.(4)

Material

- 3x Sensirion SPS30 Feinstaubsensoren, Ein Sensor fest am Pferdehalfter
- PET Versuchsbox mit Kurbel (400x300x380mm (LxBxH)
- Großballenbedampfer HD13 Gebhardt Anlagentechnik GmbH&Co.KG

Methode

- Staubermittlung von bedampftem und unbedampftem Heu mit Sensorhalfter
- Feinstaubmessung in Versuchsbox
- Feinstaubmessung bei Einstreu von Weizenstroh, bedampft und unbedampft in Innenbox

Fazit

- Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sowohl Staubermittlungen in Nasenhöhe, als auch unter Laborbedingungen in der Versuchsbox möglich sind.
- Ergebnisse der thermischen Behandlung von Futtermittel u. Einstreu sind überzeugend.

Ergebnisse Feinstaubmessung mit Pferdehalfter

	PM 1.0 bedampft	PM 2.5 bedampft	PM 10 bedampft	PM 1.0 unbedampft	PM 2.5 unbedampft	PM 10 unbedampft
Median µg/m³	23	25	26	27	27	89
Std.-Abweichung µg/m³	4	5	7	60	154	266
Minimum µg/m³	4	5	7	0	0	0
Maximum µg/m³	93	131	171	518	1447	2568

Tabelle 1: Fütterung von losem Heu an der Heuraufe. Das Pferd trug hierbei ein Halfter mit Feinstaubsensor. Untersuchungsdaten je Partikelgröße (PM): Heu bedampft n=3.477, Heu unbedampft n=2.489. N=17.898, Einheiten in µg/m³.

Ergebnisse Feinstaubmessung PET Versuchsbox

	PM 1.0 bedampft	PM 2.5 bedampft	PM 10 bedampft	PM 1.0 unbedampft	PM 2.5 unbedampft	PM 10 unbedampft
Median µg/m³	12	34	62	44	124	222
Std.-Abweichung µg/m³	10	31	57	27	83	151
Minimum µg/m³	1	2	2	1	1	1
Maximum µg/m³	67	185	328	154	502	924

Tabelle 2: Ergebnisse PET Heukiste. Untersuchungsdaten je Partikelgröße (PM): Heu bedampft n=1.790, Heu unbedampft n=1.801, N=10.773. Einheiten in µg/m³

Ergebnisse Einstreu Pferdeinnenbox mit Weizenstroh

	PM 1.0 bedampft	PM 2.5 bedampft	PM 10 bedampft	PM 1.0 unbedampft	PM 2.5 unbedampft	PM 10 unbedampft
Median µg/m³	5	12	19	63	198	363
Std.-Abweichung µg/m³	18	59	108	167	571	1053
Minimum µg/m³	2	2	3	3	3	3
Maximum µg/m³	86	275	499	623	2119	3905

Tabelle 3: Ergebnisse der händischen Einstreu einer Pferdeinnenbox mit Weizenstroh. Untersuchungsdaten je Partikelgröße (PM): Stroh bedampft n=840, Stroh unbedampft n=830, N=5.010. Einheiten in µg/m³

Diskussion

- Durch die Bedampfung von Heu und Stroh lässt sich der Feinstaubgehalt aller Partikelgrößen deutlich reduzieren
- Vor allem Einstreu wie Stroh weist unbehandelt hohe Feinstaubwerte auf (4)

- Im Zuge dieser Promotionsarbeit wird mit weiteren digitalen Sensoren für Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, sowie NH3 und biotischer Luftkeimmessung gearbeitet.
- Die Ergebnisse stehen hierfür noch aus. Die Aufnahme von bedampftem Stroh und dessen Auswirkungen auf die Verdauungsphysiologie, insbesondere Kotwasser und Inhaltsstoffe, werden im Laufe der Forschungsarbeit untersucht.

(1) Pirie, R. S. (2014): Recurrent airway obstruction: a review. S. 276–288. DOI: 10.1111/evj.12204
(2) Woods et. al.(1993) Airborne dust and aeroallergen concentration in a horse stable under two different management systems. Equine veterinary journal 25 (3), S. 208–213. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1993.tb02945.
(3) Saastamoinen, Markku; Särkijärvi, Susanna; Hyyppä, Seppo (2015): Reducing Respiratory Health Risks to Horses and Workers: A Comparison of Two Stall Bedding Materials. In: Animals : an open access journal from MDPI 5 (4), S. 965–977. DOI: 10.3390/ani5040394
(4) Herholz C. ,Kocher J., Küng P. (2020): Pferdegesundheit: Staub- und Ammoniakemissionen von acht verschiedenen Einstreumaterialien. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL. Online verfügbar unter https://www.agrarforschungschweiz.ch/2020/11/pferdegesundheit-staub-und-ammoniakemissionen-von-acht-verschiedenen-einstreumaterialien/, zuletzt aktualisiert am 21.02.2023

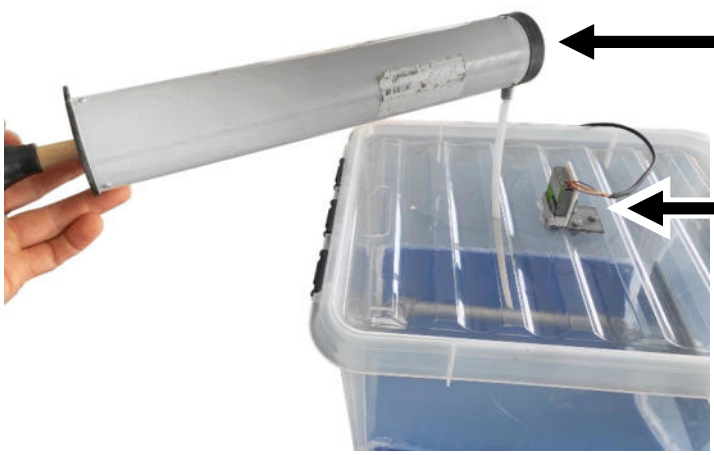
Unseld, H.[1]; Gallman, E.[2]; Winter, D.[1],

1 Nürtingen-Geislingen University of Applied Sciences
2 University of Hohenheim

Veröffentlicht bei der 8. Internationalen Netzwerktagung Pferdewissen an der Hochschule Osnabrück am 25. und 26. Oktober 2024

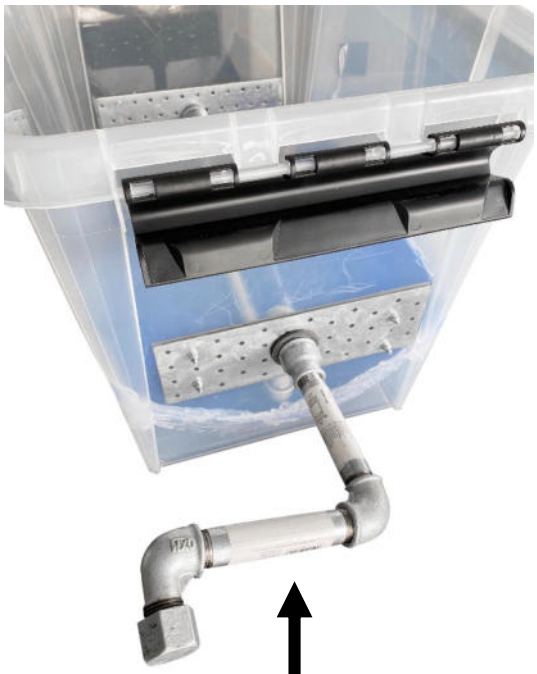
Staubsensor am Halfter

Aufbau der PET-Versuchsbox mit Kurbel:

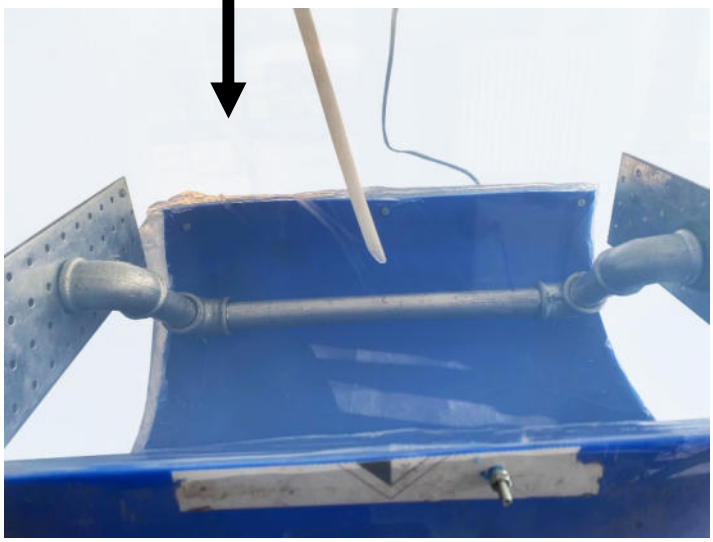


Luftzufuhr

Staubsensor



Innenansicht



Kurbel

DataViewer 1.38.0
DataViewer
SENSIRION
Data
Algorithms
Data
2023/06/10
C:\Users\unsel\data_lo...x_D7C11B7FD0917DEC.edf
Group by :
PM Mass Conc
PM Numb Conc
Particle Comp
Number Concentration 0p5
Number Conc 0p5 [N/cm³]
Number Concentration 1p0
Number Conc 1p0 [N/cm³]
Number Concentration 2p5
Number Conc 2p5 [N/cm³]
Number Concentration 4p0
Number Conc 4p0 [N/cm³]
10.06.2023, 07:08:20
Time
Timeline Start
Timeline End
10.06.23 07:06:46
Reset timeline
10.06.23 07:09:46
Sensors
SPS3x
D7C11B7FD0917DEC
Algorithms
Legend