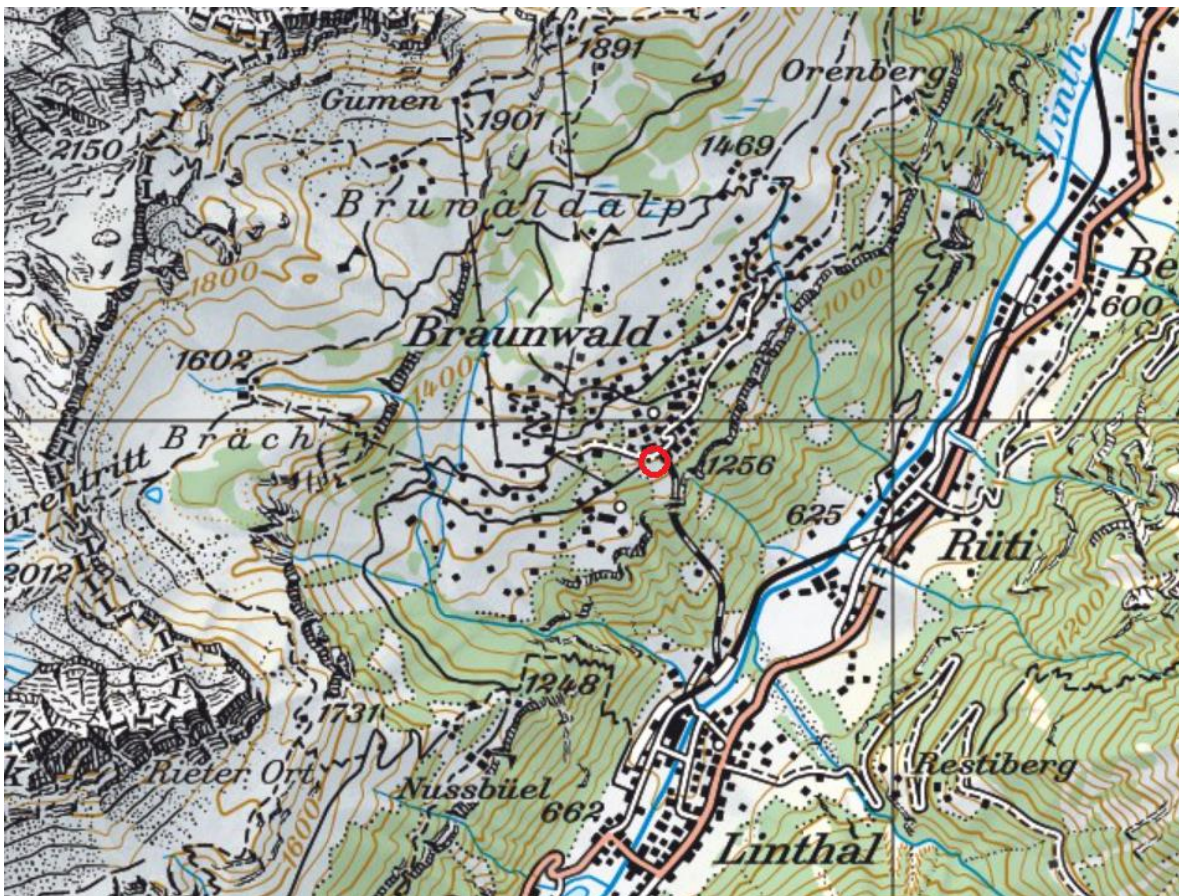


## Braunwald

## Immissionsmessungen



## Bericht 2016

## Abkürzungsverzeichnis

EC	Elementarer Kohlenstoff
EKL	Eidgenössische Kommission für Lufthygiene
LRV	Eidgenössische Luftreinhalte-Verordnung (SR 814.318.142.1)
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mikrogramm (Schadstoff) pro Kubikmeter (Luft)
$\text{NO}_2$	Stickstoffdioxid
OC	Organischer Kohlenstoff
OSTLUFT	Gemeinsame Luftqualitätsüberwachung der Ostschweizer Kantone AI, AR, GL, SG, SH, TG und ZH, des Fürstentums Liechtenstein sowie Teilen des Kantons GR
PAK	Polyzyklische Aromaten (polycyclic aromatic hydrocarbons)
PM10	Feinstaub

### Impressum

Herausgeber:	OSTLUFT – Die Luftqualitätsüberwachung der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein
Projektteam:	Petra Vögeli, Jakob Marti, Hanna Herich
Auswertungen:	Hanna Herich
Kontakt:	OSTLUFT, sekretariat@ostluft.ch
Titelbild:	Braunwald mit Messort (roter Kreis)
Copyright:	© OSTLUFT, Abdruck mit Quellenangabe erwünscht
Bezug und weitere Informationen:	Download pdf: <a href="http://www.ostluft.ch">www.ostluft.ch</a> (eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	4
<b>2</b>	<b>Ziele</b>	4
2.1	Standorte und Messparameter	5
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	6
3.1	Stickstoffdioxid	6
3.2	PM10, EC und PAKs	7
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	10



# 1 Zusammenfassung

Braunwald ist ein autofreier Kur- und Fremdenverkehrsort im Kanton Glarus. Lokale Quellen von Luftschadstoffen sind der vereinzelt zugelassene Werk- und Individualverkehr, Pistenfahrzeuge und Heizungen. Seit einigen Jahren gibt es spezielle Bestrebungen die Emissionen zu verringern, wie beispielsweise die Umstellung von Dieselfahrzeugen auf Elektroautos. Dafür können Fördermittel beansprucht werden. In den kommenden Jahren soll dokumentiert werden, ob sich die Luftqualität in Braunwald durch diese Massnahmen verbessert. Dazu wurden im Jahr 2015 erste Luftqualitätsmessungen (NO<sub>2</sub> Passivsammler, PM10 Digital HiVol) durchgeführt. Vorgesehen sind Wiederholungen in den Jahren 2018 und 2021.

Die NO<sub>2</sub> Jahresmittelwerte in Braunwald lagen 2015 bei 6.5 µg/m<sup>3</sup> im Dorfzentrum (Standort Braunwaldbahn) und bei 3.7 µg/m<sup>3</sup> im Hintergrund (Standort Rehaclinic). Die Differenz zeigt den Einfluss die lokalen Quellen im Dorf. Generell ist das NO<sub>2</sub> Niveau im Dorfzentrum sehr ähnlich wie an anderen siedlungsfernen Standorten im OSTLUFT Gebiet (St. Gallen Stuelegg und Höhenklinik Wald 7.3 µg/m<sup>3</sup> bzw. 7.6 µg/m<sup>3</sup>). Es liegt weit unter dem Grenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> und ist ein Vielfaches niedriger als an städtischen und verkehrsbelasteten Standorten.

Der Jahresmittelwert 2015 für Feinstaub (PM10) lag am Standort Braunwaldbahn bei 7.8 µg/m<sup>3</sup> und ist somit vergleichbar mit St. Gallen Stuelegg (9.1 µg/m<sup>3</sup>) und Höhenklinik Wald (9.8 µg/m<sup>3</sup>). Alle drei Standorte lagen deutlich unter dem PM10 Immissionsgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup>. Der relative Anteil an Russ im Feinstaub war am Standort Braunwaldbahn sowohl im Sommer (2.9%) und Winter (7%) doppelt so hoch wie an den anderen beiden Messorten.

## 2 Ziele

Braunwald ist ein autofreier Kur- und Fremdenverkehrsort im Kanton Glarus. Das Dorf befindet sich auf einer nach Süden geneigten Bergterrasse in einer Höhe von 1'256 m ü. M und ist nur mit einer Standseilbahn oder über Fusswege erreichbar. Die Einwohnerzahl liegt bei ca. 350 ständigen Einwohnern und kann saisonal bedingt um weitere 2'000 ansteigen (Wintersporttourismus). Von den 350 Wohngebäuden werden 47 % mit Elektrizität, 27 % mit Heizöl, 2 - 3 % mit Wärmepumpen und der Rest mit Holz beheizt (Stand 2008). Obwohl in Braunwald ein Fahrverbot für Autos gilt, gibt es für verschiedene Zwecke Ausnahmeregelungen und somit besteht im Dorfzentrum ein geringes Verkehrsaufkommen durch Elektromobile, Dieselfahrzeuge und kleine Benzintraktoren. In den kommenden Jahren soll im Rahmen des Projekts „Braunwald: Weg von fossilen Energieträgern“ die Umstellung von Dieselfahrzeugen auf Elektroautos vorangetrieben werden, dies wird auch durch kantonale Fördermittel unterstützt. Gleichzeitig sollen Heizöl- und Elektroheizungen durch Wärmepumpen und solarunterstützte Heizungen ersetzt und zwei neue Kleinwasserkraftwerke zur Stromerzeugung geschaffen werden. Parallel zu den Infrastrukturmassnahmen soll dokumentiert werden, wie sich die Veränderungen auf die Luftqualität in Braunwald auswirken. Dazu wurden im Jahr 2015 erste Luftqualitätsmessungen durchgeführt, diese sollen 2018 und 2021 wiederholt werden.

## 2.1 Standorte und Messparameter



Abb. 1: Standort des Digital HiVol-Gerätes am Eingang zur Bergstation Braunwaldbahn.

Zur Messung von Stickstoffdioxid wurden NO<sub>2</sub>-Passivsammler an zwei Standorten verwendet. Zum einen wurde der bereits schon früher periodisch genutzte NO<sub>2</sub>-Passivsammler am Standort Rehaclinic (Hintergrundmessung) in 1'180 m ü.M. betrieben, zum anderen wurde im Dorf ein weiterer Passivsammler an der Bergstation Braunwaldbahn (Dorfzentrum) in 1'256 m ü.M. eingerichtet.

Zur Erfassung von Feinstaub (PM<sub>10</sub>) wurde an der Bergstation Braunwaldbahn ein Digital HiVol-Gerät eingesetzt. Die Feinstaubdaten wurden auf Tagesbasis mit Glasfaserfiltern erhoben. An jedem 12. Messtag wurde ein Quarzfaserfilter eingelegt, der auf Russ in Form von EC mit der thermo-optischen Transmissionsmethode (TOT, mit EUSAAR2 Protokoll) analysiert wurde. Zusätzlich wurden anhand der Quarzfaserfilter Mittelwerte für verschiedene PAKs bestimmt. Dazu wurden die Filter zunächst über Quartale aggregiert.

Um weitere Aufschlüsse über die Zusammensetzung des Feinstaubes zu erhalten, wurden für je acht Wochen im Winter und im Sommer zweiwöchige Grob- und Feinstaubproben von der Firma Particle Vision gesammelt. Die Filter wurden auf verschiedene Arten analysiert (Lichtmikroskopie, EC/OC und Kalium Analytik).

Auf welchem Niveau sich die Schadstoffkonzentrationen in Braunwald bewegen, zeigt ein Vergleich mit den Messungen anderer Standorte aus dem OSTLUFT Messnetz. Die zum Vergleich herangezogenen Standorte sind St. Gallen Stuelegg, Höhenklinik Wald und Zürich Stampfenbachstrasse, siehe Tab. 1. An diesen Standorten werden verschiedene kontinuierliche Online-Messungen durchgeführt, u.a. Stickoxide und PM<sub>10</sub>.

Standort	m ü.M.	Standorttyp
Braunwald Bergstation	1256	
Braunwald Rehaclinic	1180	
St Gallen Stuelegg	920	
Höhenklinik Wald	910	
Zürich Stampfenbachstrasse	445	

Tab. 1: OSTLUFT Standortklassierungs-Pictogramme

§

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Stickstoffdioxid

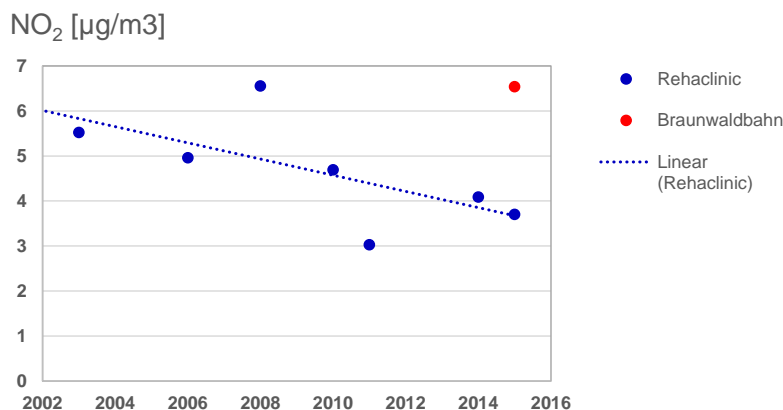
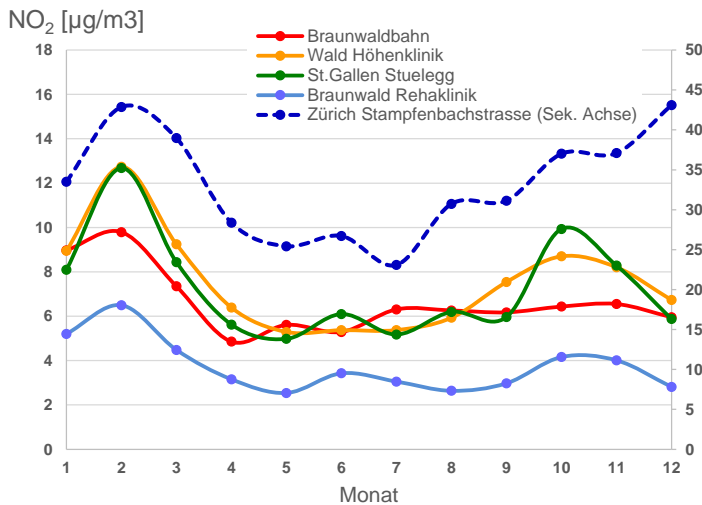


Abb. 2: Jahresmittel der Schadstoffkonzentrationen für Stickstoffdioxid an den Standorten Rehaclinic und Braunwaldbahn.

Für den Hintergrundstandort Braunwald Rehaclinic liegen seit 2003 NO<sub>2</sub> Passivsammlermessungen für verschiedene Jahre vor, siehe Abb. 2. Seit Beginn der Messungen ist die NO<sub>2</sub> Belastung zurückgegangen. Während die NO<sub>2</sub> Konzentrationen zwischen 2003-2006 noch um 5 µg/m<sup>3</sup> lagen, liegen sie heute um 4 µg/m<sup>3</sup>. Der Standort Braunwaldbahn im Dorfzentrum wies 2015 eine NO<sub>2</sub> Konzentration von 6.5 µg/m<sup>3</sup> auf und ist damit mehr als 1.5-mal so stark belastet wie der Hintergrund.



**Abb. 3:** Jahresgang 2015 der Schadstoffkonzentrationen für Stickstoffdioxid an den Standorten Braunwald Rehaklinik und Braunwaldbahn, St. Gallen Stuelegg, Wald Höhenklinik und Zürich Stampfenbachplatz.

Abb. 3 zeigt die Monatsmittelwerte für NO<sub>2</sub> an den Standorten Braunwaldbahn, Rehaklinik, St. Gallen Stuelegg, Höhenklinik Wald und Zürich Stampfenbachstrasse. Das NO<sub>2</sub> Niveau an den Messstationen Stuelegg und Höhenklinik Wald ist nahezu identisch und bewegt sich zwischen 6 µg/m<sup>3</sup> im Sommer und 10-12 µg/m<sup>3</sup> im Winter. Die NO<sub>2</sub> Konzentrationen an der Braunwaldbahn unterscheiden sich im Sommer kaum von denen der beiden Standorte, im Winter liegen die Belastungen mit 7-10µg/m<sup>3</sup> allerdings deutlich tiefer. Die Standorte Rehaklinik und Braunwaldbahn zeigen den gleichen NO<sub>2</sub> Jahresgang, jedoch sind die NO<sub>2</sub> Belastungen an der Braunwaldbahn konsequent 1.5- bis 2-mal höher als an der Rehaklinik. Insgesamt liegen die NO<sub>2</sub> Konzentrationen allen vier Stationen in erhöhter Lage etwa 4- bis 8-mal tiefer als an einem innerstädtischen Standort (Vgl. Zürich Stampfenbachstrasse). Zudem befinden sich die Belastungen weit unter dem Jahresgrenzwert von 30µg/m<sup>3</sup>.

### 3.2 PM10, EC und PAKs

Die EC Konzentrationen an den Standorten Braunwaldbahn, St. Gallen Stuelegg und Wald Höhenklinik wurden anhand der insgesamt 30 HiVol-Messungen (Quarzfaserfilter) abgeschätzt, die für jeden 12. Tag vorliegen. Der PM10 Jahresmittelwert wurde in Braunwald auf Basis der HiVol-Daten (Glasfaserfilter) ermittelt, für St. Gallen Stuelegg und Wald Höhenklinik wurde ein Mittelwert aus Online-Messungen gebildet.

Abb. 4 zeigt den Jahresgang 2015 der PM10 Konzentrationen an den drei Standorten. Trotz der räumlichen Distanz der Standorte weisen die Belastungen zu vielen Zeitpunkten einen ähnlichen Verlauf auf. Grund dafür ist die hohe atmosphärische Lebensdauer von PM10, die vor allem durch das stabile Hintergrundniveau beeinflusst ist. Die höchsten Tagesmittelwerte wurden während winterlichen Hochdrucklagen gemessen, wenn die Inversions- und Hochnebelgrenze auch Braunwald bedeckt und sich die Schadstoffbelastungen grossflächig

unter dem Nebel anreichern. Aber auch im Sommer wurden während der Hitzeperiode im Juni 2015 erhöhte PM10-Belastungen in Braunwald gemessen, die mit den ländlichen Standorten im OSTLUFT-Gebiet korrespondierte.

An den betrachteten Standorten liegen die Jahresmittel (Tab. 2) zwischen  $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an der Braunwaldbahn und  $9.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw.  $9.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in St. Gallen Stuelegg und Wald Höhenlinik. Der Jahresmittelgrenzwert für PM10 von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (LRV) wird an keiner der Stationen auch nur annähernd erreicht.

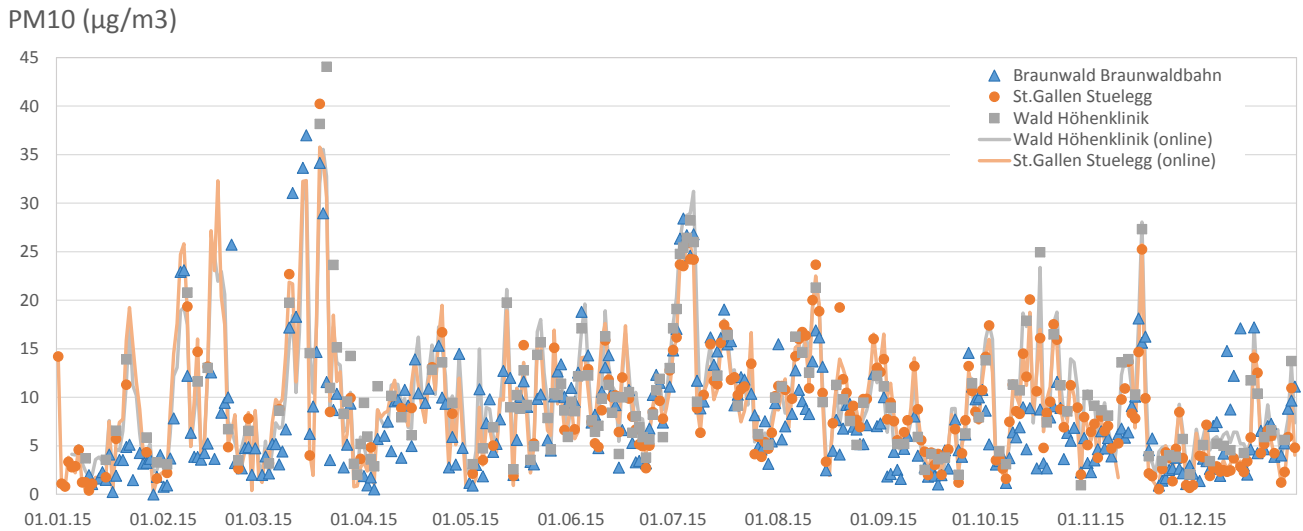


Abb. 4: Jahresgang 2015 der Feinstaubkonzentrationen an den Standorten Braunwaldbahn, St. Gallen Stuelegg und Wald Höhenlinik.

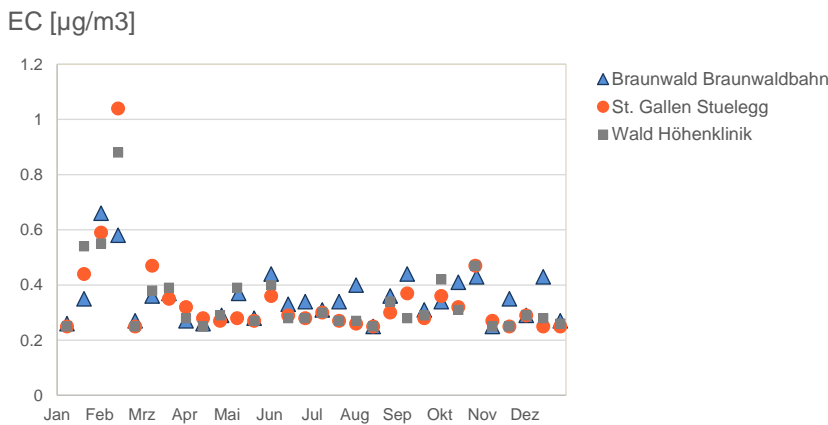


Abb. 5: Jahresgang 2015 der EC Konzentrationen an den Standorten Braunwaldbahn, St. Gallen Stuelegg und Wald Höhenlinik.

Station	EC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			EC in PM10 [%]			PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Jahresmittel
	ganzjährig	Sommer (JJA)	Winter (DJF)	ganzjährig	Sommer (JJA)	Winter (DJF)	
St. Gallen Stuelegg	0.25	0.16	0.35	2.5	1.4	2.9	9.05
Wald Höhenlinik	0.24	0.18	0.36	2.0	1.4	3.0	9.77
Braunwaldbahn	0.28	0.28	0.35	4.7	2.9	7.0	7.82

Tab. 2: EC Konzentrationen, Anteile EC in PM10 und PM10 Jahresmittel an den Standorten Braunwaldbahn, St. Gallen Stuelegg und Wald Höhenlinik für das Jahr 2015.



Russ ist krebserregend, daher gilt gemäss LRV das Minimierungsgebot. Abb. 5 zeigt für 2015 den Jahresgang der EC Konzentrationen an den Standorten Braunwaldbahn, St. Gallen Stuelegg und Wald Höhenlinik. Die drei Standorte weisen meist einen ähnlichen EC Verlauf auf, einzig zwei Messwerte im Februar in St. Gallen Stuelegg und Wald Höhenlinik sind aufgrund lokaler Wintersmogepisoden höher als in Braunwald.

In Tab. 2 sind die mittleren EC Konzentrationen und relativen Anteile EC in PM10 aufgelistet. An allen drei Standorten lagen die Konzentrationen im Jahresmittel zwischen 0.24-0.28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Damit liegen sie weit unter dem bevölkerungsgewichteten Mittelwert der Russbelastung von derzeit 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , jedoch über dem Richtwert von 0.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (EKL, 2013). An allen Stationen zeigt sich deutlich die jahreszeitliche Abhängigkeit von EC mit den höchsten Werten im Winter. Auch der relative Anteil von EC in PM10 ist im Winter höher als im Sommer. Ein Grund dafür ist, dass im Winter häufiger austauscharme Wetterlagen vorherrschen, zudem tragen die Holzheizungen verstärkt zu einer zusätzlichen Russbelastung bei. Bei einem Vergleich der Standorte fällt auf, dass in Braunwald ganzjährig der relative Anteil von EC in PM10 höher ist als an den Vergleichsstandorten.

Für 2015 wurden die Konzentrationen von zehn PAKs in PM10 auf Quartalsbasis ermittelt. PAKs treten vor allem im Winter auf, denn sie entstehen insbesondere bei Holzfeuerungen. Der wichtigste Indikator für die Toxizität der PAKs im PM10 ist Benzo(a)pyren (BaP), für diese Verbindung liegt ein Zielwert der EU von 1  $\text{ng}/\text{m}^3$  (Jahresmittelwert) vor. An der Braunwaldbahn lag der Quartalsmittelwert für BaP während der beiden Winterquartale Okt.-Dez. und Jan.-Mrz. bei jeweils 0.14  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Damit liegt Braunwald im Vergleich zu anderen Schweizer Standorten auf einem niedrigen Belastungsniveau [Empa, PAK Bericht 2015].

### 3.3 Weitere Analysen

Für je acht Wochen im Winter und im Sommer wurden in Braunwald (Standort Braunwaldbahn) zweiwöchige Grobstaubproben (Partikeldurchmesser 2.5-80  $\mu\text{m}$ ) mit Sigma-2 Passivsammlern von der Firma Particle Vision erfasst und analysiert (Lichtmikroskopie), sowie Feinstaubproben (PM2.5) mit einem Minivolume-Sampler genommen (EC/OC und Kalium Analytik). Die lichtmikroskopischen Untersuchungen dieser Stichproben ergaben, dass die meisten Grobstaubpartikel, insbesondere im Sommer, mineralischen und biogenen Ursprungs sind. Ganzjährig sind Reifen- und Eisenabriebspartikel vorhanden (Quelle Strasse/ Standseilbahn). Im Winter wurde bei Schneebedeckung die Aufwirbelung von mineralischen Partikeln verhindert, bei Tauwetter und Schneematsch erhöhten sich die mineralischen Partikelkonzentrationen aufgrund von Gischt-Partikeln.

Die Feinstaubproben wurden auf EC/OC (thermo-optische Transmissionsmethode (TOT), EUSAAR-2) und Kalium analysiert (Ion Chromatograph, FUB Rapperswil). Wasserlösliches Kalium im Feinstaub ist zum einen mineralischen Ursprungs, zum anderen entsteht es bei der Verbrennung von Biomasse in Holzfeuerungen.

Station	K ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		K/EC	
	Sommer	Winter	Sommer	Winter
Braunwald	0.06	0.11	0.19	0.21
Höhenlinik Wald	0.06	0.13	0.28	0.44

**Tab. 3:** Kalium Konzentrationen an den Standorten Braunwaldbahn und Wald Höhenlinik (Ergebnisse mehrwöchige Stichproben im Jahr 2015).

Die Kaliumkonzentrationen lagen in Braunwald und der Höhenlinik Wald auf einem ähnlichen Niveau, in Braunwald waren die Belastungen im Winter geringfügig tiefer, siehe Tab. 3. Das Verhältnis von Kalium zu EC war in Braunwald im Sommer und im Winter praktisch gleich hoch (etwa 0.2), an der Höhenlinik Wald lag der relative Anteil von K/EC im Sommer bei 0.28 und erhöhte sich im Winter auf 0.44. Am Standort Braunwald deuten das verhältnismässig geringe Auftreten von Kalium und das gleichbleibende Niveau im Winter darauf hin, dass Holzverbrennungen am Standort Braunwaldbahn nur gering zur Feinstaubbelastung beitragen.

## 4 Fazit

Im Jahr 2015 wurden im Rahmen von OSTLUFT Luftqualitätsmessungen mit einem Digital HiVol und einem  $\text{NO}_2$  Passivsammler am Standort Braunwaldbahn in der Ortsmitte von Braunwald durchgeführt. Obwohl der Ort autofrei ist, gibt es ein geringes Verkehrsaufgebot durch den zugelassenen Werk- und Individualverkehr.

Die Luftbelastung in Braunwald befindet sich auf einem ähnlichen Niveau wie an vergleichbaren Standorten im OSTLUFT-Gebiet (St. Gallen Stuelegg und Höhenlinik Wald). Die  $\text{NO}_2$  Jahresmittelwerte 2015 in Braunwald betragen  $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Dorfzentrum (Braunwaldbahn) und  $3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Hintergrund (Standort Rehaclinic). Die Differenz zwischen Hintergrund und Zentrum zeigt den Einfluss der lokalen Quellen. Der Jahresmittelwert für Feinstaub (PM10) lag 2015 am Standort Braunwaldbahn bei  $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Vergleich zu  $9.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $9.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in St. Gallen Stuelegg und Höhenlinik Wald. Der relative Anteil von Russ im Feinstaub war dabei am Standort Braunwaldbahn im Sommer (2.9%) und im Winter (7%) doppelt so hoch wie an den anderen beiden Messorten. Im Vergleich zu anderen Schweizer Standorten ist die Belastung an PAKs im PM10 in Braunwald auffallend gering, zudem ist das Kalium zu EC Verhältnis im Winter und Sommer gleich. Dies deutet darauf hin, dass Emissionsquellen wie Holzfeuerungen rund um den Standort Braunwaldbahn weniger stark verbreitet sind oder die Emissionen durch Tal- und Hangwinde verteilt werden, während Fahrzeugemissionen auch direkt um den Messort herum emittiert werden.

Es ist vorgesehen, die Messungen 2018 und 2021 fortzuführen, um den Einfluss von Massnahmen zugunsten verringerter Emissionen (z.B. Förderungen zur Umstellung von Dieselfahrzeugen auf Elektroautos) zu verfolgen.