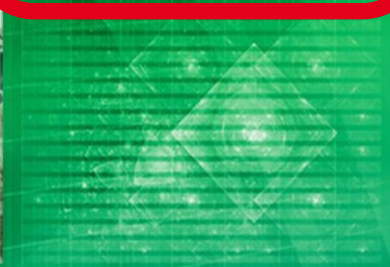
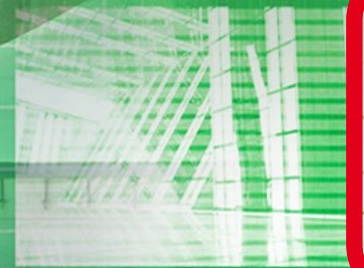
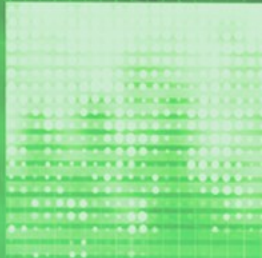




Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
Agroscope



# Bewertung der Bodenfruchtbarkeit mithilfe von Nahinfrarotspektroskopie (Proximal Sensing)

Konrad Metzger & Luca Bragazza

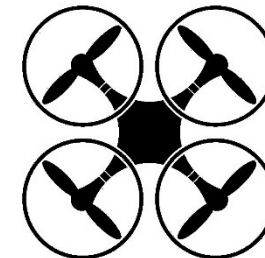
10. Nationale Ackerbautagung: Der Boden als funktionelle Einheit  
Biel 12.01.2023



# Was ist Naherkundung (Proximal Sensing)?

## Wie können wir schnell und günstig Informationen über den Zustand unseres Ackers bekommen?

- Laboranalysen: langsam, teuer, produziert Abfall (\$\$\$)  
→ grob aufgelöste Information
- Alternative: **Naherkundungsmethoden** (Proximal Sensing)
  - Interaktion von elektromagnetischer Strahlung mit Bodenbestandteilen

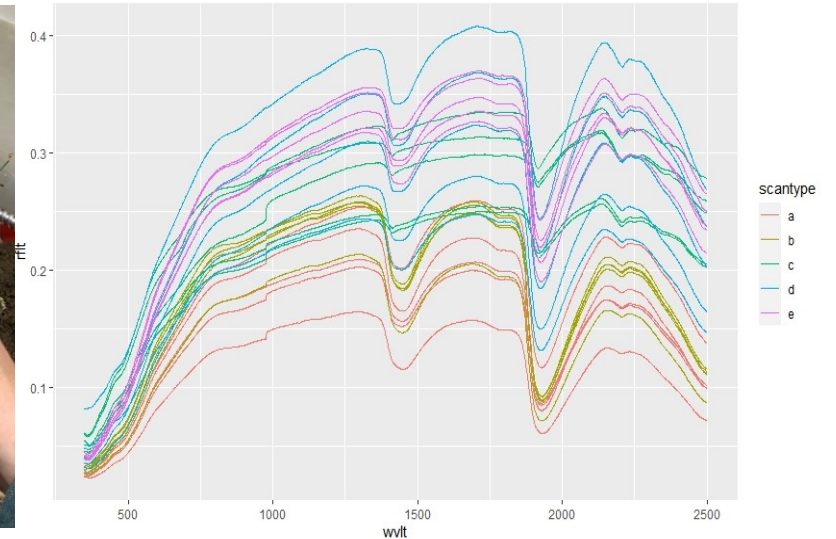
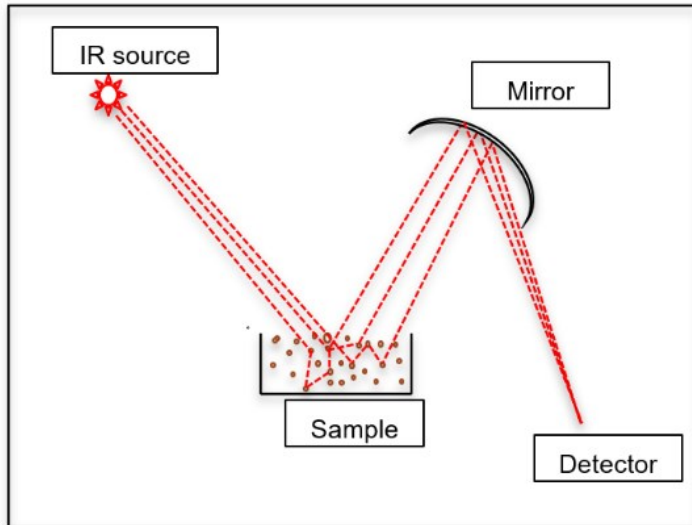


- Schnelle Messung, keine Bodenprobe für das Labor, Informationen in Echtzeit



# Infrarotspektroskopie (vis-NIR)

- Messung des reflektierten Lichts (sichtbar und Nahinfrarot, Wellenlänge 350-2500 nm)



- Viele Bodenparameter absorbieren Licht in diesem Wellenlängenbereich (Tone, Organischer Kohlenstoff, Eisenminerale)
- Mathematische Modelle um die Beziehung zwischen Labordaten und den Spektren zu beschreiben (**Vorhersagemodell**)



# Offene Fragen bis zur Routineanwendung

## ■ Anwendung *in-situ*

- Wie werden Bodenspektren am besten gemessen?
- Geeigneter Spektrometertyp (Preis, Spektrale Auflösung, Grösse)
- Welche Bodenparameter lassen sich messen?
- Einfluss von Bodenfeuchte und Aggregaten
- Präzision und Kosten/Nutzen-Verhältnis



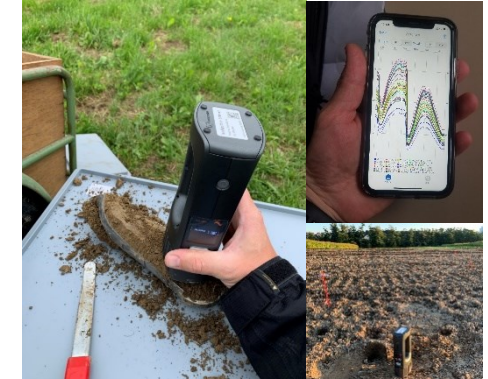


# Spektrometer und Scanpositionen

- 2 Spektrometertypen
  - Hochauflösendes Forschungsinstrument
  - Kompakter NIR Scanner

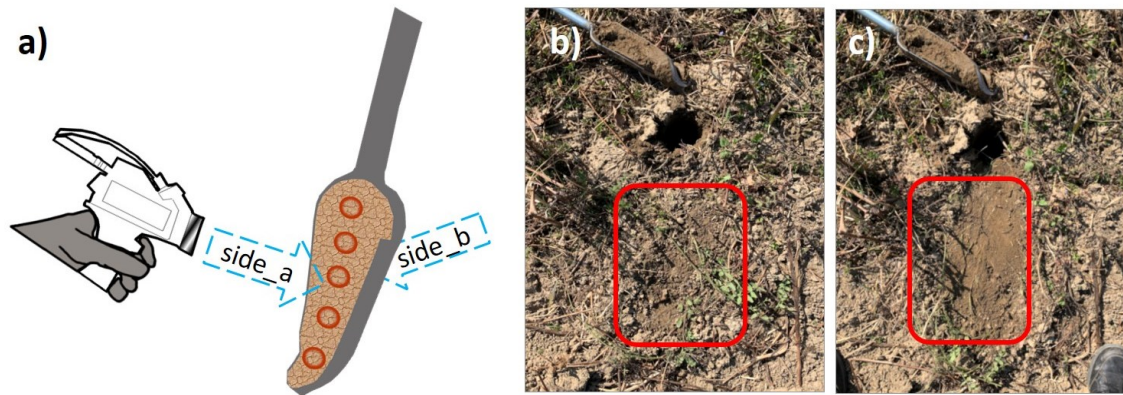


**PSR+ 3500** vis-NIR Spektrometer  
(350-2500 nm, 2.8-8 nm Auflösung)



**NeoSpectra Scanner**  
(1350-2500 nm, 16 nm Auflösung)

- Scanposition

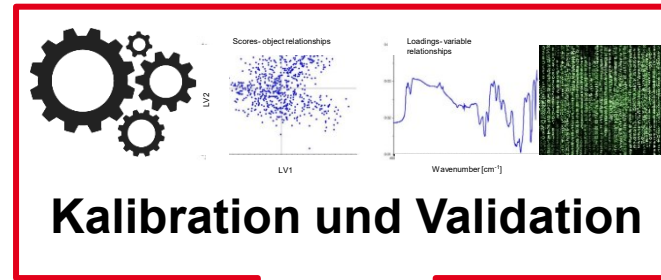
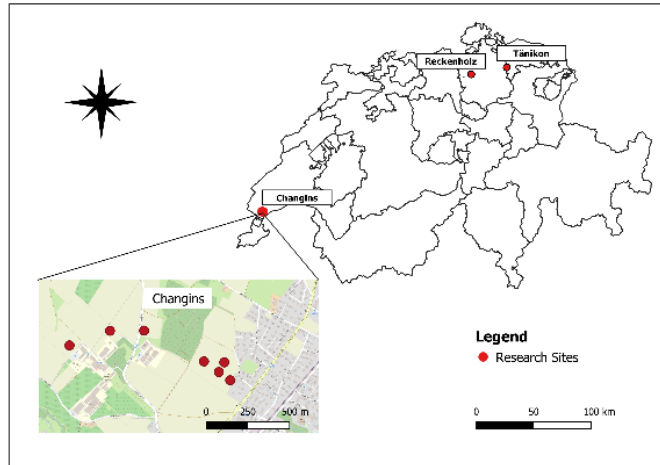


Verschiedene Positionen direkt im Feld um Bodenproben zu scannen



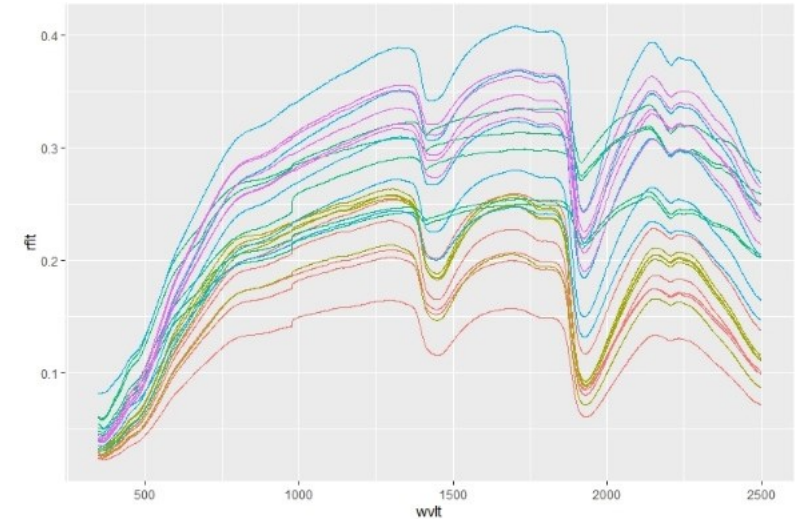
# Spektrale Vorhersagemodelle

## Kalibrationsmodell



PLSR

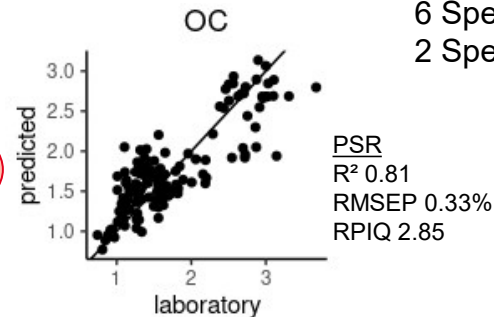
$R^2$ , RMSE, RPIQ



134 Bodenproben mit Laboranalyse  
 Korngrösse, Org. Kohlenstoff (OC),  
 Kationenaustauschkapazität, pH, N\_tot

Vis-NIR Spektren von 134 punkten  
 4 Scanpositionen in 5 Wiederholungen  
 6 Spektrale Vorbehandlungsmethoden  
 2 Spektrometer

**Vorhersagemodell:**  
 Bodenparameter aus Spektren  
 ohne Laboranalyse

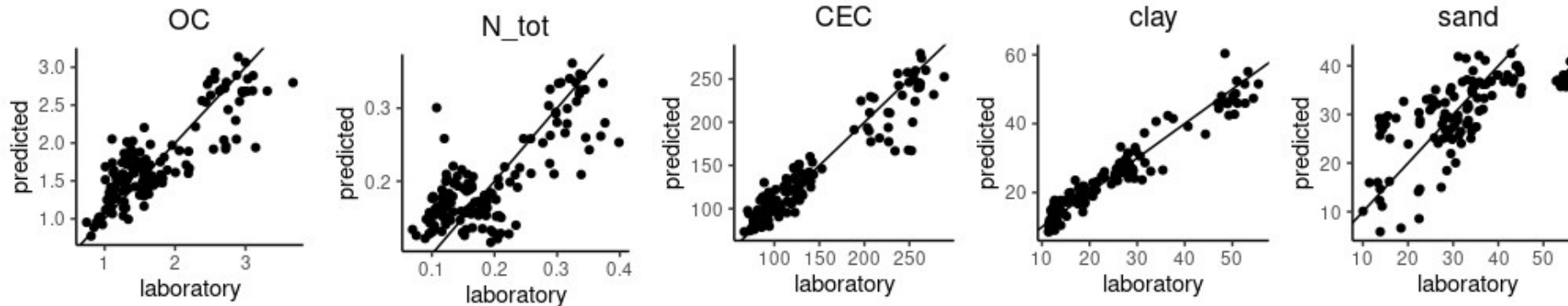




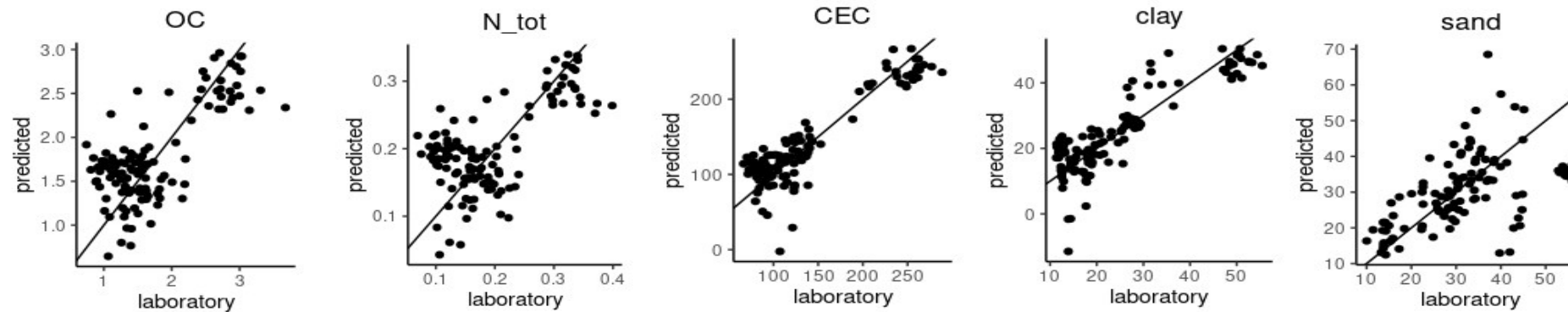
# Ergebnisse

Gute Modellergebnisse für: Körnung, pH, OC, KAK, N\_tot

RSP



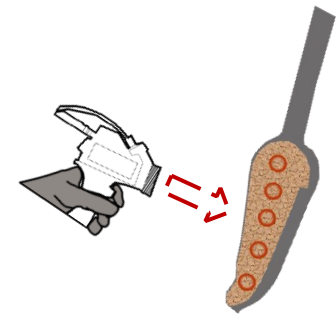
OMZ





# Ergebnisse

- Beste Scanposition:
  - An der Seite von 20 cm Edelmannbohrer
  - 10 Wiederholungsmessungen mit NeoSpectra
- Vergleich Spektrometer:
  - Mit NeoSpectra konnten ausgewählte Bodenparameter befriedigend gemessen werden
  - PSR liefert höhere Genauigkeit
- **Best Practice:**
  - 5 Wiederholungsscans entlang 20 cm Edelmann Bohrer für PSR
  - 10 Wiederholungsscans entlang 20 cm Edelmann Bohrer für NeoSpectra







# Diskussion & Ausblick

## Potentielle Anwendungsbereiche

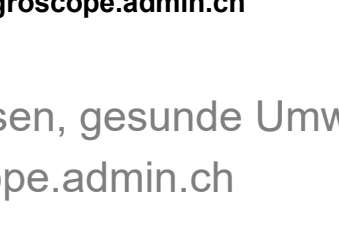
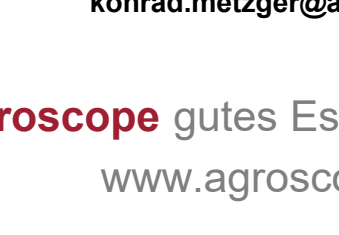
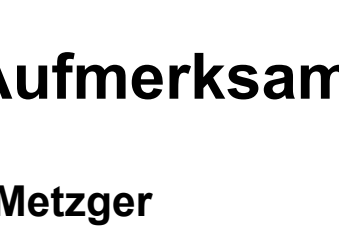
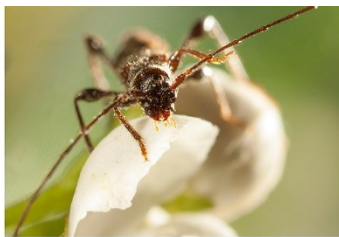
- Indikatoren für Bodenqualität
- Düngeempfehlung
- Teilflächenspezifische Bewirtschaftung

## Hürden für Routineanwendung

- Standardisierte Messung
- Einfluss von Bodenfeuchtigkeit und Aggregaten
- Vergleich von Labor- und Feldspektren  
→ Grosse Datenbanken, KI Modelle

## Vis-NIR Bodenspektroskopie als Zukunftstechnik für Bodenanalyse

- ✓ Schnelle Ergebnisse
- ✓ Hohe räumliche Auflösung durch portable Instrumente
- ✓ Tracking von Veränderungen durch Managementänderung



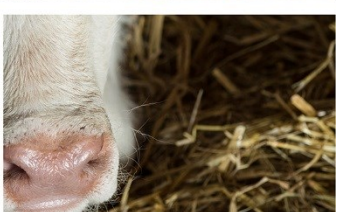
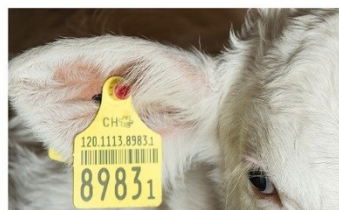
**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

**Konrad Metzger**

[konrad.metzger@agroscope.admin.ch](mailto:konrad.metzger@agroscope.admin.ch)

**Agroscope** gutes Essen, gesunde Umwelt

[www.agroscope.admin.ch](http://www.agroscope.admin.ch)





Parameter	Scanning position	Preprocessing	LVs	R <sup>2</sup>	RMSE†	RMSEP†	IOR	RPIQ	Lin's CCC	Ranking§
<b>PSR spectrometer</b>										
CEC [meq/kg]	side_b	RAW	9	<b>0.94</b>	15.33	<b>20.45</b>	111.14	5.43	0.94	1
clay [%]	side_b	SG2110	8	<b>0.95</b>	2.76	<b>2.94</b>	15.22	5.18	0.97	2
sand [%]	surface_smooth	SG2110	8	<b>0.92</b>	3.58	<b>5.57</b>	16.47	2.96	0.60	3
OC [%]	side_a	SG2111	6	<b>0.81</b>	0.3	<b>0.33</b>	0.94	2.85	0.84	4
pH	side_b	MSC	9	<b>0.79</b>	0.34	<b>0.46</b>	1.26	2.73	0.77	5
CaO_ex [g/kg]	side_b	RAW	5	<b>0.64</b>	1.38	<b>1.58</b>	4.28	2.70	0.60	6
N_tot [%]	side_a	SG2110	6	<b>0.81</b>	0.04	<b>0.05</b>	0.12	2.68	0.75	7
Mg_tot [g/kg]	surface_raw	RAW	6	<b>0.68</b>	2.21	<b>2.51</b>	5.54	2.21	0.51	8
MgO_ex [g/kg]	side_a	RAW	7	<b>0.9</b>	0.07	<b>0.14</b>	0.28	1.98	0.64	9
P2O5_OI [g/kg]	side_b	SG2112	1	<b>0.33</b>	0.03	<b>0.03</b>	0.04	1.56	0.41	10
K_tot [g/kg]	surface_raw	SG2112	1	<b>0.16</b>	3.69	<b>3.61</b>	5.5	1.52	0.01	11
P_tot [g/kg]	surface_raw	SG2110	2	<b>0.3</b>	0.17	<b>0.15</b>	0.21	1.38	0.00	12
K2O_ex [g/kg]	surface_smooth	MSC	2	<b>0.2</b>	0.1	<b>0.09</b>	0.09	0.97	0.25	13
Ca_tot [g/kg]	side_b	SNV	4	<b>0.49</b>	5.03	<b>5.42</b>	3.54	0.65	0.15	14
Carbonates [%]	side_b	SNV	4	<b>0.45</b>	1.84	<b>1.15</b>	0.19	0.17	0.01	15
<b>NEO spectrometer</b>										
CEC [meq/kg]	surface_smooth	SG2110	8	<b>0.87</b>	22.4	<b>25.64</b>	96.86	3.78	0.87	1
clay [%]	surface_smooth	SG2110	8	<b>0.87</b>	4.58	<b>5.14</b>	15.22	2.96	0.88	2
sand [%]	surface_smooth	SG2110	8	<b>0.8</b>	5.74	<b>8.91</b>	17.12	1.92	0.45	8
OC [%]	surface_smooth	SG2110	4	<b>0.62</b>	0.41	<b>0.45</b>	0.93	2.07	0.74	7
pH	surface_raw	RAW	2	<b>0.28</b>	0.62	<b>0.72</b>	1.14	1.59	0.23	10
CaO_ex [g/kg]	surface_smooth	RAW	4	<b>0.56</b>	1.51	<b>1.59</b>	4.29	2.69	0.68	3
N_tot [%]	surface_smooth	RAW	4	<b>0.63</b>	0.05	<b>0.05</b>	0.11	2.11	0.72	6
Mg_tot [g/kg]	surface_smooth	RAW	4	<b>0.6</b>	2.22	<b>2.53</b>	5.48	2.16	0.63	5
MgO_ex [g/kg]	side_b	SG2110	7	<b>0.84</b>	0.08	<b>0.1</b>	0.23	2.17	0.85	4
P2O5_OI [g/kg]	side_a	SG2112	1	<b>0.09</b>	0.04	<b>0.03</b>	0.04	1.22	-0.10	12
K_tot [g/kg]	surface_smooth	SG2111	2	<b>0.18</b>	3.66	<b>3.99</b>	6.72	1.68	-0.01	9
P_tot [g/kg]	side_a	SNV	6	<b>0.17</b>	0.17	<b>0.16</b>	0.21	1.28	0.10	11
K2O_ex [g/kg]	NA†	NA†	NA†	<b>NA†</b>	NA†	<b>NA†</b>	NA†	NA†	NA†	15
Ca_tot [g/kg]	surface_smooth	RAW	5	<b>0.25</b>	4.74	<b>5.66</b>	3.45	0.61	0.03	13
Carbonates [%]	side_a	SG2111	4	<b>0.1</b>	1.42	<b>1.07</b>	0.18	0.17	-0.23	14