



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences



E-Dumper

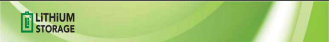
Batterieuntersuchungen, UPDATE inkl. Temperaturprofile
Dr. Alejandro Santis, 01. März 2017

▶ BFH-CSEM-Zentrum Energiespeicherung

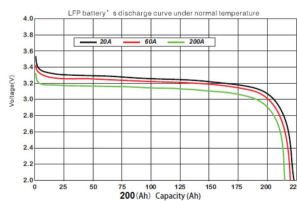
1

Phase I: Charakterisierungstests

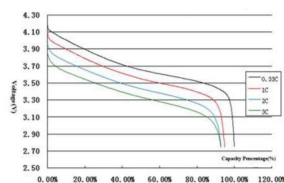
4



Vergleich Datenblätter/Extrapolation auf Systemlevel



Sinopoly		Zellen	Shenzhen Westart	
200 Ah			5x25 Ah = 125 Ah	
$\text{LiFePO}_4 = \text{LFP}$			$\text{NiMnCoO}_2 = \text{NMC}$	
3.65 – 2.5 V			4.2 – 3.0 V	
$U_{n,\text{cell}} = 3.7 \text{ V}$			$U_{n,\text{cell}} = 3.2 \text{ V}$	
$I_{\text{charge,cont.}} = 0.33 \text{ C}$			$I_{\text{charge,cont.}} = 0.5 \text{ C}$	
$I_{\text{discharge,cont.}} = 0.33 \text{ C}$			$I_{\text{discharge,cont.}} = 3.0 \text{ C}$	
$I_{\text{charge,peak}} = 2.0 \text{ C}$			$I_{\text{charge,peak}} = 1.0 \text{ C}$	
$I_{\text{discharge,peak}} = 3.0 \text{ C}$			$I_{\text{discharge,peak}} = 5.0 \text{ C}$	
5 x 216s		System	4 x 192s2p	
$E_{n,\text{system}} = 691.2 \text{ kWh}$			$E_{n,\text{system}} = 710.4 \text{ kWh}$	
$U_{n,\text{system}} = 691.2 \text{ V}$			$U_{n,\text{system}} = 710.4 \text{ V}$	
6'266 kg			4'533 kg	
3'758 L			2'427 L	



5

Charakterisierungstests

▶ Testmatrix

Lade- und Entladerate / h ⁻¹	Zellen	Temperatur / °C		
0.33	WS	25	0	45
	Sinopoly			
1.00	WS			
	Sinopoly			

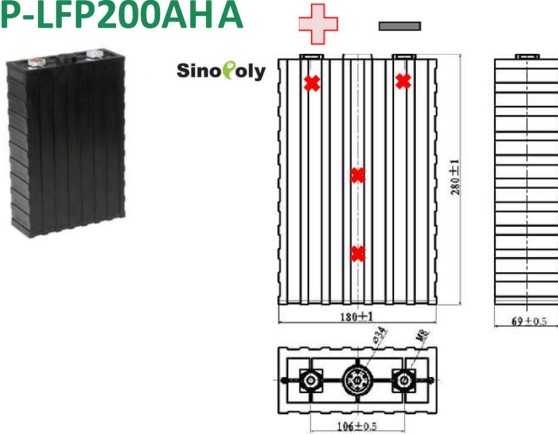
▶ Testparameter und -bedingungen

- ▶ Je zwei Zellen pro Zellentyp getestet
- ▶ Je fünf Zyklen bei jeder Testbedingung
- ▶ Reihenfolge der Tests: bei einer bestimmten Temperatur zuerst 0.33 C (fünf Zyklen), dann 1.00 C (fünf Zyklen)
- ▶ Reihenfolge der Testtemperatur: 25 °C, dann 0 °C, anschliessend 45 °C
- ▶ Nach jeder Temperaturänderung, 12 h Wartezeit vor erstem Test
- ▶ Die neuen Zellen wurden vor den Charakterisierungstests entladen, erst dann fing die Zyklenzählung an
- ▶ Laden im CC-CV-Modus bis 0.03 C, 30 min Pause zwischen Laden und Entladen und vice versa

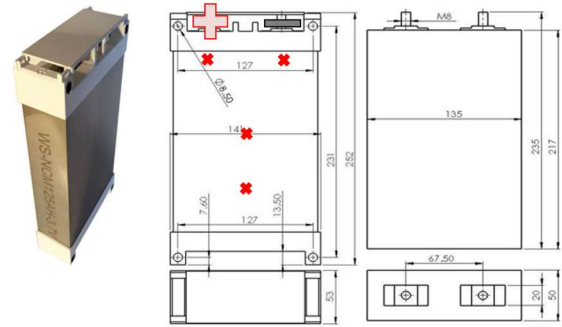
6

Temperaturmessungen

SP-LFP200AHA



WS-NCM125AH



7

Charakterisierungstests, Ergebnisse (1/9)

→ Entladekapazität

T = 25 °C

▶ Lade- und Entladerate = 0.33 C →

▶ Lade- und Entladerate = 1.00 C →

T = 0 °C

▶ Lade- und Entladerate = 0.33 C →

▶ Lade- und Entladerate = 1.00 C →

T = 45 °C

▶ Lade- und Entladerate = 0.33 C →

▶ Lade- und Entladerate = 1.00 C →

Sinopoly	Shenzhen Westart
μ (mAh) \pm c_v (%) *	μ (mAh) \pm c_v (%) *
204'262 \pm 0.43	131'474 \pm 0.12
202'414 \pm 0.04	130'551 \pm 0.02
176'518 \pm 1.67	115'058 \pm 0.40
178'370 \pm 0.07	117'027 \pm 0.25
203'370 \pm 0.06	131'204 \pm 0.29
200'584 \pm 0.09	131'305 \pm 0.09

* μ und c_v aus den letzten vier Zyklen
 c_v = relative Standardabweichung σ (σ der gesamten Population)

8

Charakterisierungstests, Ergebnisse (2/9)

→ Entladeenergie

T = 25 °C

▶ Lade- und Entladerate = 0.33 C

▶ Lade- und Entladerate = 1.00 C

T = 0 °C

▶ Lade- und Entladerate = 0.33 C

▶ Lade- und Entladerate = 1.00 C

T = 45 °C

▶ Lade- und Entladerate = 0.33 C

▶ Lade- und Entladerate = 1.00 C

Sinopoly	Shenzhen Westart
μ (mWh) \pm c_v (%) *	μ (mWh) \pm c_v (%) *
651'840 \pm 1.15	483'510 \pm 0.04
638'419 \pm 0.04	476'145 \pm 0.02
545'582 \pm 1.09	414'628 \pm 0.27
538'472 \pm 0.05	415'217 \pm 0.15
654'698 \pm 0.06	477'210 \pm 0.06
642'165 \pm 0.05	484'913 \pm 0.20

* μ und c_v aus den letzten vier Zyklen

c_v = relative Standardabweichung σ (σ der gesamten Population)

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

9

9

Charakterisierungstests, Ergebnisse (3/9)

→ Energieeffizienz

T = 25 °C

▶ Lade- und Entladerate = 0.33 C

▶ Lade- und Entladerate = 1.00 C

T = 0 °C

▶ Lade- und Entladerate = 0.33 C

▶ Lade- und Entladerate = 1.00 C

T = 45 °C

▶ Lade- und Entladerate = 0.33 C

▶ Lade- und Entladerate = 1.00 C

Sinopoly	Shenzhen Westart
μ (Effizienz %) \pm c_v (%) *	μ (Effizienz %) \pm c_v (%) *
94.91 \pm 1.48	96.95 \pm 0.03
92.64 \pm 0.03	94.64 \pm 0.02
89.64 \pm 0.55	95.56 \pm 0.07
86.91 \pm 0.17	90.04 \pm 0.07
97.02 \pm 0.05	96.00 \pm 0.02
94.44 \pm 0.04	98.17 \pm 0.04

* μ und c_v aus den letzten vier Zyklen

c_v = relative Standardabweichung σ (σ der gesamten Population)

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

10

10

Entladekapazität , Ergebnisse (4/9)

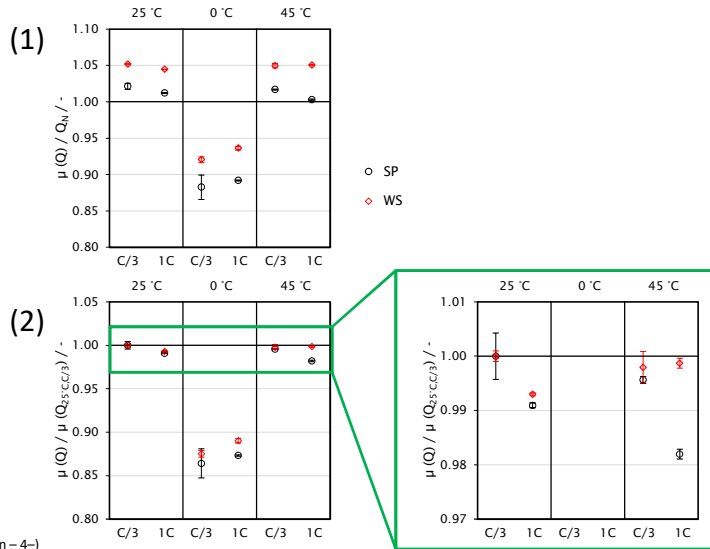
Referenzwerte (1):

- ▶ $Q_N = 200'000$ mAh (SP)
- ▶ $Q_N = 125'000$ mAh (WS)

Referenzwerte (2):

- ▶ $Q_N = \mu(Q_{25^\circ\text{C}, C/3})$ (SP und WS)

μ und c_v aus den letzten vier Zyklen
 c_v = relative Standardabweichung σ (σ der gesamten Population - 4-)



Entladeenergie, Ergebnisse (5/9)

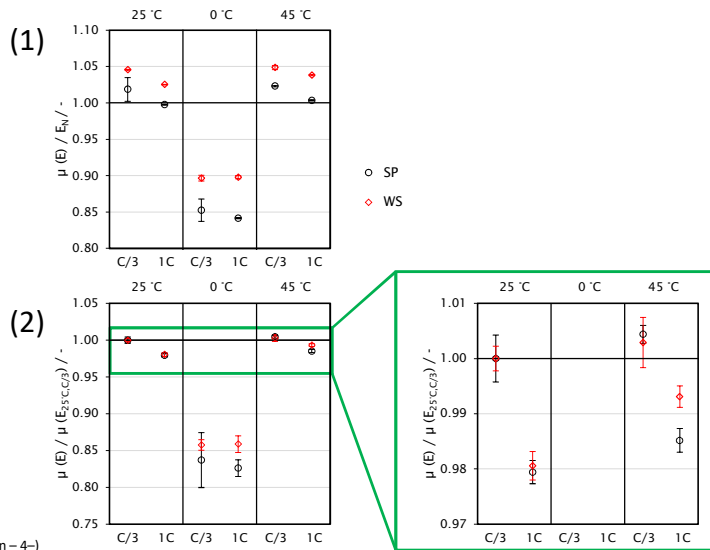
Referenzwerte (1):

- ▶ $E_N = 640'000$ mWh (SP)
- ▶ $E_N = 462'500$ mWh (WS)

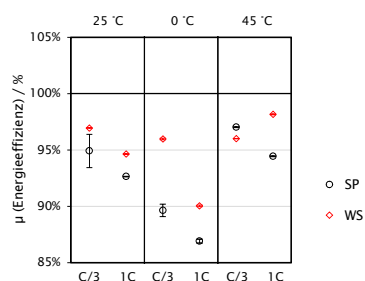
Referenzwerte (2):

- ▶ $E_N = \mu(E_{25^\circ\text{C}, C/3})$ (SP und WS)

μ und c_v aus den letzten vier Zyklen
 c_v = relative Standardabweichung σ (σ der gesamten Population - 4-)



Energieeffizienz, Ergebnisse (6/9)



Die Energieeffizienz ist bei WS höher mit Ausnahme C/3 bei 45 °C

Die relativen Standardabweichungen sind bei WS geringer

μ und c_v aus den letzten vier Zyklen

c_v = relative Standardabweichung σ (σ der gesamten Population - 4-)

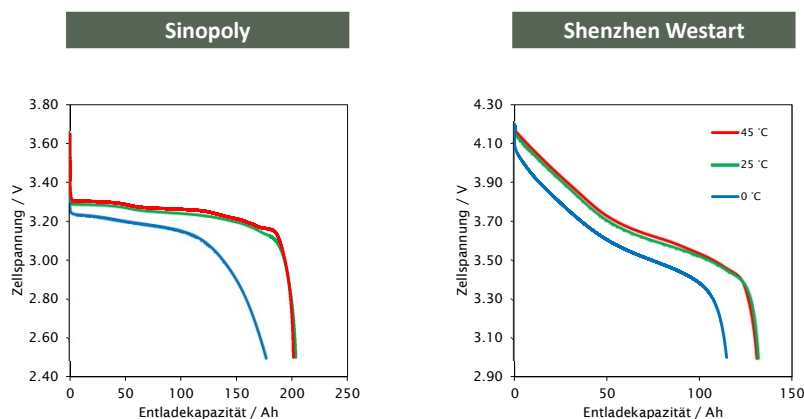
Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

13

13

Charakterisierungstests, Ergebnisse (7/9)

Charakteristischer Spannungsverlauf während Entladungen bei C/3 und verschiedenen Temperaturen



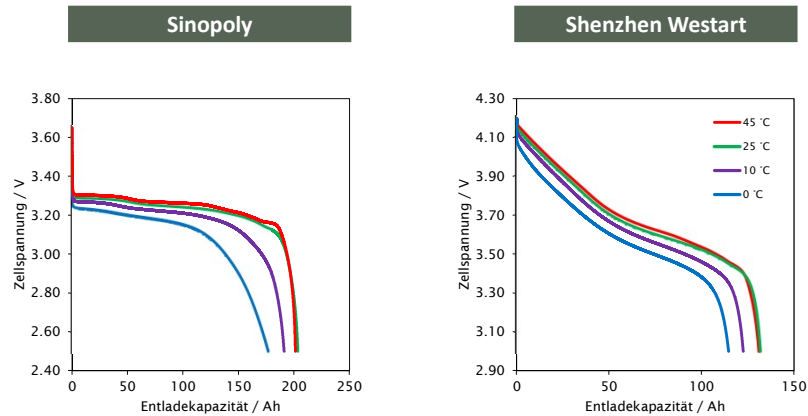
Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

14

14

Charakterisierungstests, Ergebnisse (8/9)

- ▣ Charakteristischer Spannungsverlauf während Entladungen bei $C/3$ und verschiedenen Temperaturen



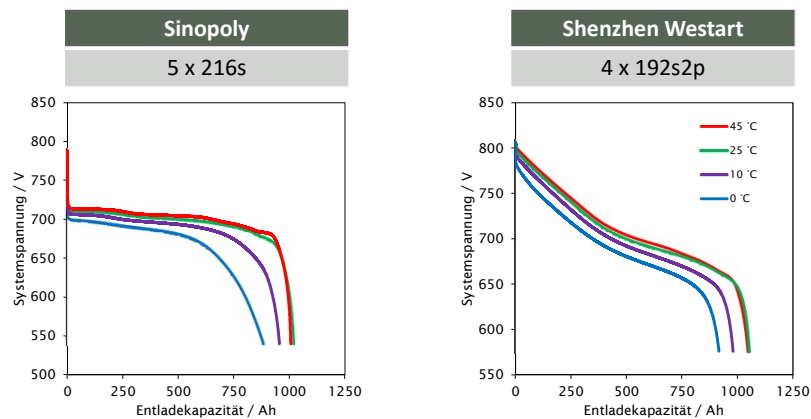
Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

15

15

Extrapolation auf Systemlevel, Ergebnisse (9/9)

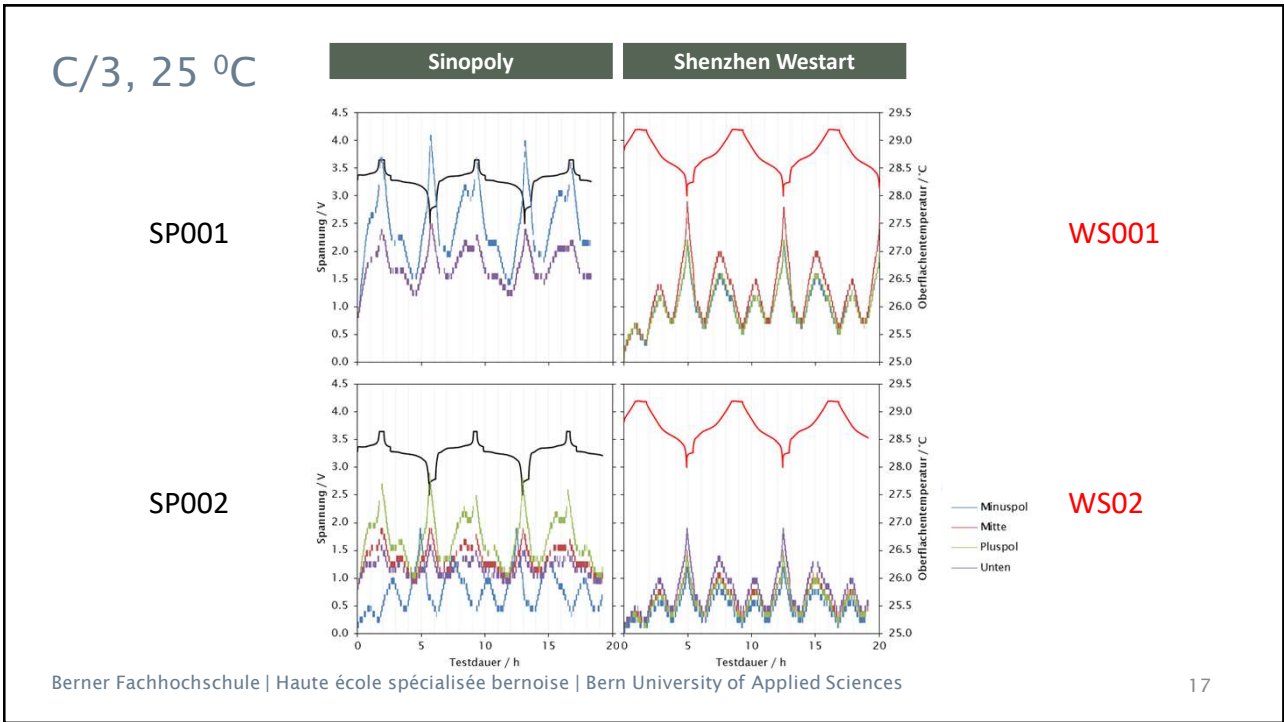
- ▣ Systemspannungsverlauf während einer $C/3$ - Entladung bei verschiedenen Temperaturen



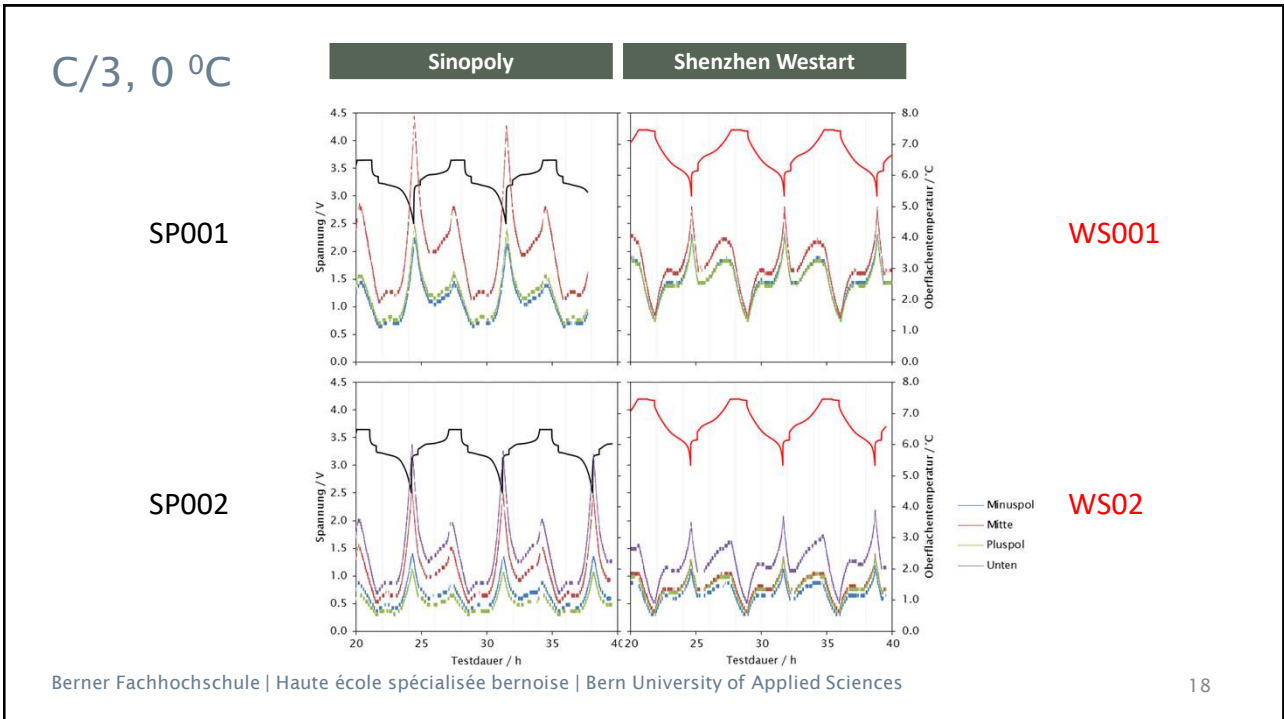
Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

16

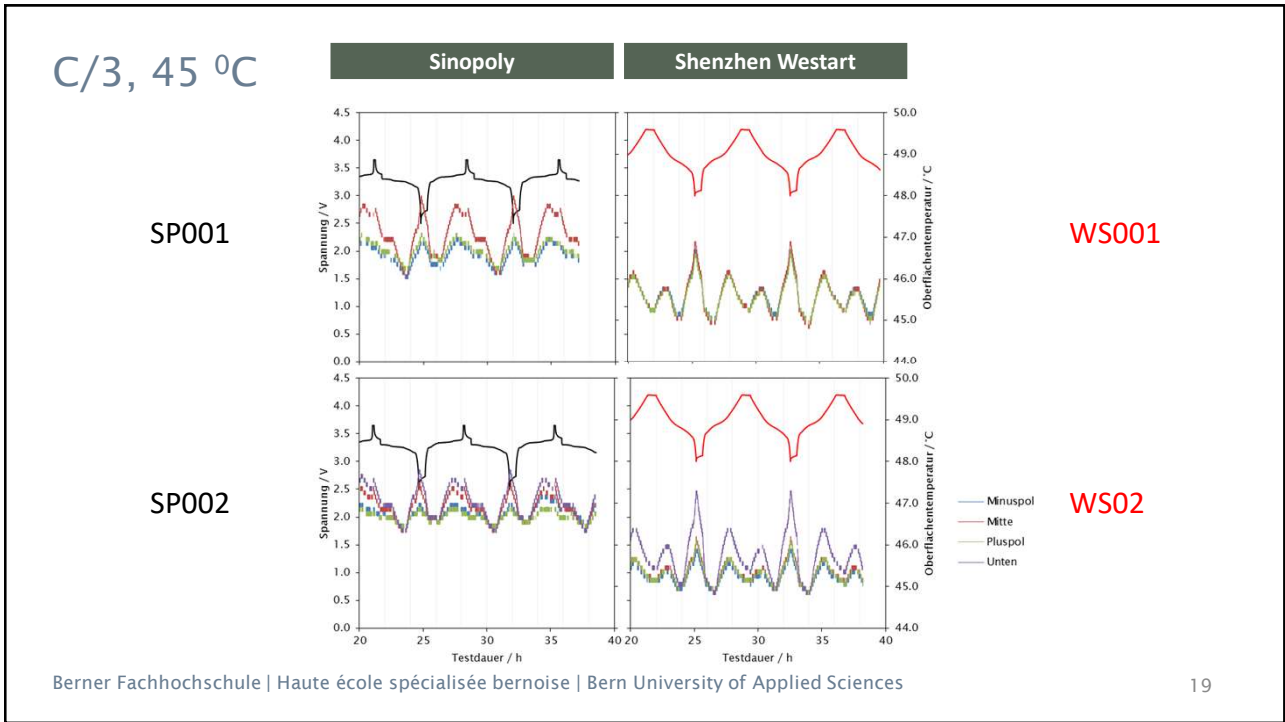
16



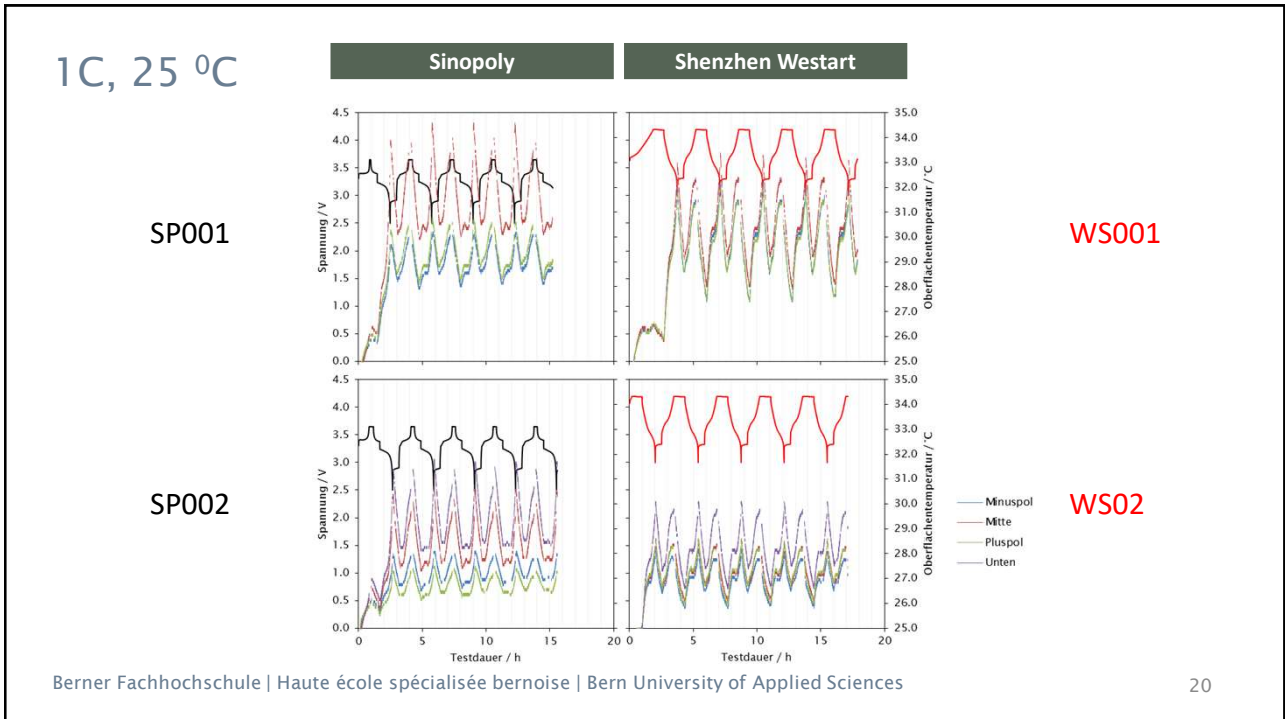
17



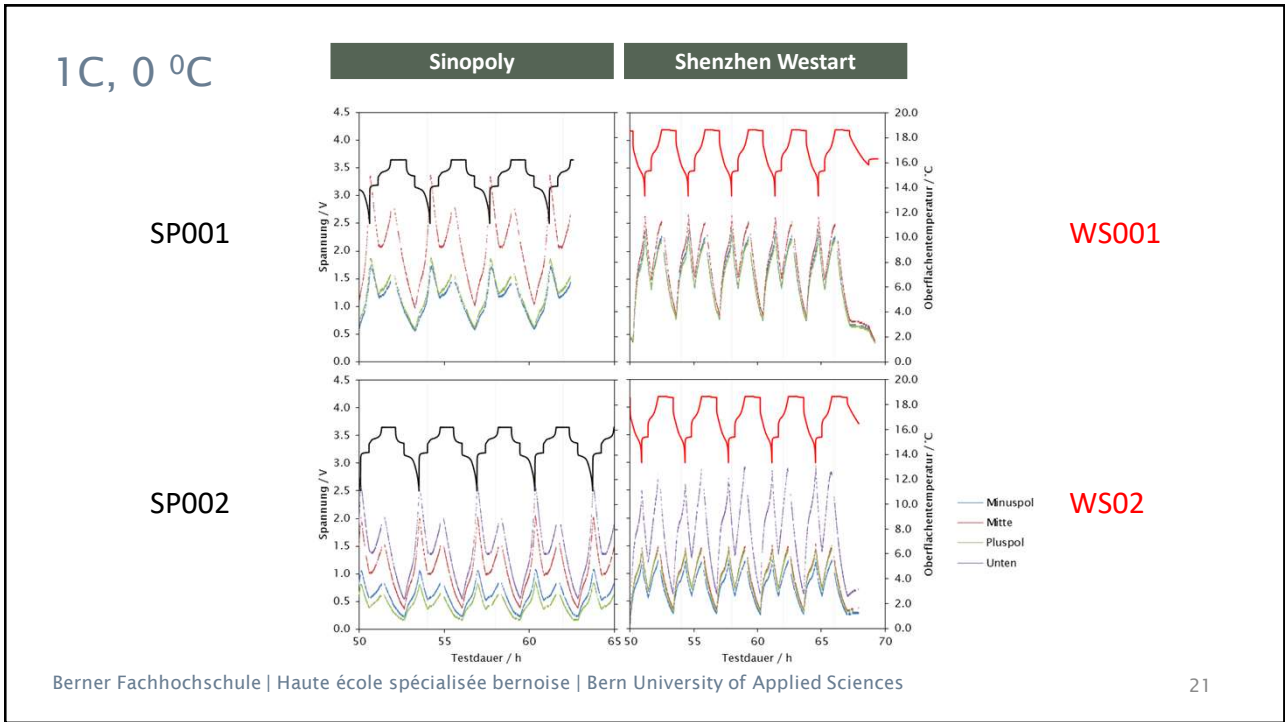
18



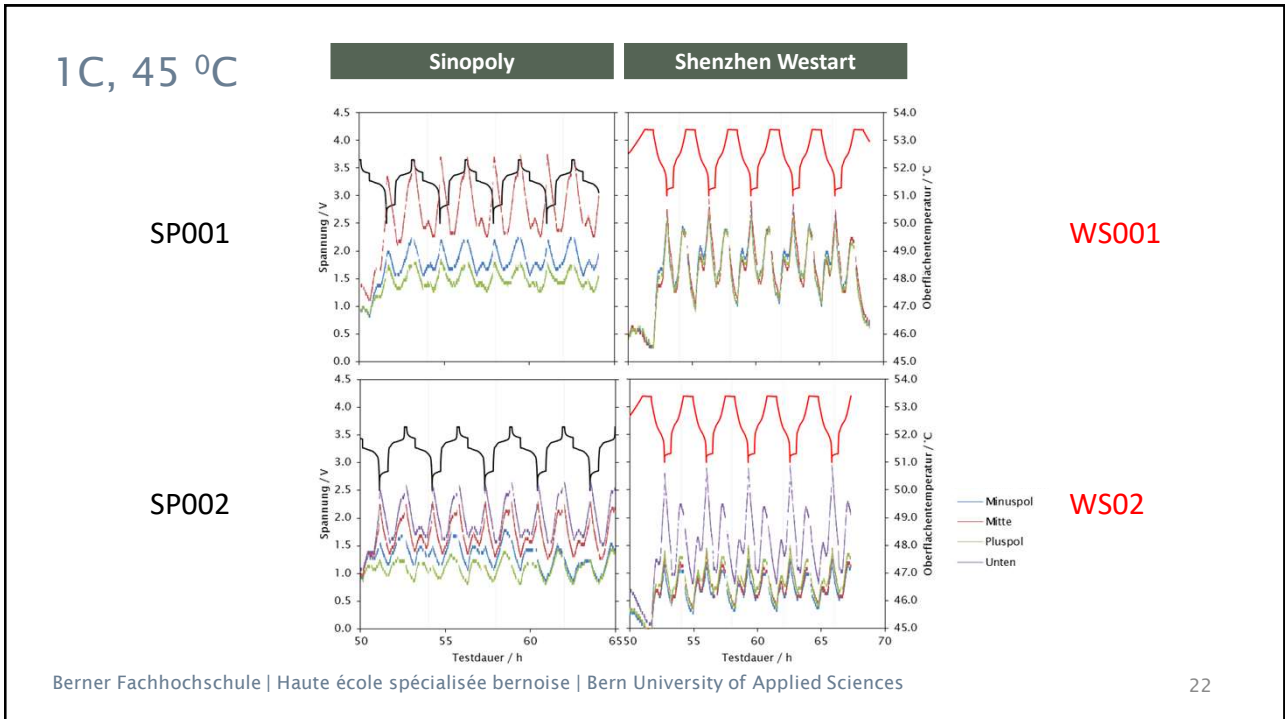
19



20



21



22

Positionen der Prüflinge in der Temperaturkammer

